Aus der Chirurgischen Universitätsklinik der Charité zu Berlin
(Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Sauerbruch)

Die Gasnarkose und die Erfahrungen, die an der Chirurgischen Universitätsklinik der Charité mit ihr gemacht wurden

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der
Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Horst Hilgenberg
aus Zwickau Sa.

Tag der Promotion: 8. 2. 1938

Druck: Karl u. Richard Hoffmann, Bln.-Charlottenburg, Schillerstr. 44

M 469

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Dr. Hartmann
Korreferent: Prof. Dr. Gohrbandt

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Das Stickoxydul (Lachgas).

Das Gas Stickoxydul (N_2O) wurde 1776 von Priestley entdeckt. Im Jahre 1800 beobachtete Davy in Selbstversuchen, daß beim Einatmen von Stickoxydul der Ideengang schwunghaft-heiter wurde und sich Lachlust einstellte. Er gab dem Stickoxydul deshalb den Namen „Lachgas". Davy erkannte als Erster die betäubenden Eigenschaften des Lachgases und meinte, es könne „vielleicht vorteilhaft bei chirurgischen Operationen, bei denen kein großer Blutverlust auftritt, verwendet werden". Trotzdem blieb das Lachgas vorläufig unbeachtet. Es wurde lediglich wegen seiner heiter-erregenden Eigenschaften benutzt, um sich auf Gesellschaften in lachlustige Stimmung zu versetzen. Der Zahnarzt Wells, der eines Tages Zeuge einer solchen Vorführung wurde, bemerkte, daß die vom Lachgas Berauschten gegen schmerzhafte äußere Einwirkungen unempfindlich waren. Er machte sich diese Beobachtung zunutze und führte 1844 zum ersten Male eine Zahnextraktion im Lachgasrausch aus. Die Gaszufuhr mußte zwar nach $^3/_4$ Minute wegen Asphyxie und Zyanose des Patienten abgebrochen werden, aber das Ergebnis war doch immerhin so befriedigend, daß Wells von „a new era in tooth-pulling" sprechen konnte.

In den folgenden Jahren wurde Lachgas bei vielen Operationen verwendet. Colton berichtet 1867 schon von 20 000 erfolgreichen Lachgasnarkosen. Zwei wesentliche Fortschritte in der Narkosetechnik bedeuteten die 1878 von Bert konstruierte Ueberdruckkammer und der 1889 von Hewitt angegebene Maskenapparat mit Druckdifferenz (Ausatmung gegen den Druck einer Wassersäule), zwei Neuerungen, welche die bei der Lachgasnarkose immer bestehende Gefahr des Sauerstoffmangels und damit der Asphyxie des Patienten bedeutend verringerten. Alle Aenderungen der Lachgas-Narkosetechnik in der Folgezeit (Verbesserung der Apparatur, Zusatz anderer Narkotica) sind aus dem Bestreben heraus geschehen, die Gefahr des Sauerstoffmangels möglichst weitgehend auszuschalten.

Physikalische und chemische Eigenschaften.

Stickoxydul (Lachgas) hat die Konstitutionsformel $\begin{matrix} N \\ \| \\ N \end{matrix}\!\!>\!O$ oder N ≡ N=O. Es ist ein farbloses Gas von süßlichem Geschmack und angenehmen Geruch. Es ist weder brennbar noch explosibel, unterhält aber die Verbrennung, indem es Sauerstoff abgibt und in molekularen Stickstoff übergeht. Beim Erhitzen auf 900 Grad zerfällt es unter starker Wärmeentwicklung in seine Elemente. Der Siedepunkt liegt bei einem Barometerstand von 760 mm Quecksilber um —90 Grad, der Gefrierpunkt bei —102 Grad. Das spezifische Gewicht ist gleich 1,527. Das Gas ist durch Abkühlung bei hohem Druck leicht zu verflüssigen.

Lachgas ist in Wasser sehr leicht löslich (Absorptionskoeffizient bei 5 Grad 1,048, bei 25 Grad 0,544 (Geffcken)), und zwar ist die Bindung eine rein physikalische keine chemische wie z. B. bei der Kohlensäure. Die Löslichkeit in Oel ist doppelt so groß wie die in Wasser (de Saussure).

Lachgas wird dargestellt durch vorsichtiges Erhitzen chemisch reinen Ammoniumnitrats, und zwar liefert 1 kg Salz 150 Liter Gas. Während jetzt die I.G.-Farbenwerke die Herstellung zu verhältnismäßig billigen Preisen übernommen haben, mußte früher das teuere englische oder amerikanische Gas bezogen oder die Selbstherstellung in kleineren Mengen betrieben werden (Schrauth), ein Nachteil, welcher der Verbreitung dieser Narkoseart sehr hinderlich war. Während mit dem englischen Gas die Narkosestunde 13—15 Reichsmark kostete (Schüppel), kostet sie bei Verwendung des deutschen Gases nur 2,20 Reichsmark (Durchschnittswert). Klemke gibt sogar den Preis der Narkosestunde mit nur 1,00 Reichsmark an.

Lachgas wird im allgemeinen nicht chemissch rein gewonnen, sondern enthält mancherlei Verunreinigungen, besonders wenn als Ausgangsmaterial ein Salzgemisch verwendet wird, wie z. B. Kaliumnitrat + Ammoniumchlorid Natriumnitrat + Ammoniumphosphat oder dergleichen. Es kann dann Chlor, Stickoxyd, Stickstoffdioxyd, Salpetersäure, Ammoniak, Salzsäure, Kohlensäure, Sauerstoff oder

Stickstoff beigemischt sein. Schrauth leitet bei der Selbstherstellung das Gas vor der Speicherung durch Eisensulfat (Absorption von Stickstoffoxyd), Kalium causticum und Kalkmilch (Absorption von Kohlensäure und Chlor). Gwathmey verlangt, das zu Betäubungszwecken verwendete Gas müsse 95 % reines Stickoxydul enthalten, außerdem dürften keine festen, flüssigen oder brennbaren organischen Substanzen, kein Chlor oder andere Stickstoffoxyde darin enthalten sein.

Die in den Handel kommenden Stahlzylinder enthalten unter einem Druck von 55 Atmosphären 8 kg Gas.

Pharmakologische Wirkungsweise.

Die Atemwege werden vom Lachgas ohne Schädigung passiert. Weder die Bronchialschleimhaut noch das Lungengewebe zeigen Reizschäden. Die Resorption aus den Lungenalveolen in das Blut erfolgt nach physikalischen Gesetzen, das heißt sie ist dem Druck in den Alveolen direkt und der Konzentration im Blut umgekehrt proportional: Der größte Teil des Gases wird in den ersten 2—3 Minuten aufgenommen, und nach etwa 15 Minuten ist die Resorption beendet (Schmidt). Da eine Differenz des Lachgasgehaltes zwischen arteriellem und venösem Blute fortbesteht, wird weiterhin Gas an die Gewebe abgegeben.

100 Kubikzentimeter Blut können 43 Kubikzentimeter Lachgas aufnehmen. Der Absorptionskoeffizient des Serums entspricht etwa dem des Wassers, die Blutkörperchen nehmen wegen ihres Lipoidgehaltes mehr Gas auf als eine entsprechende Menge Wasser (Siebeck). Sie werden dabei nicht verändert (Hamburger, Ewing). Ebenso schnell, wie das Lachgas in das Blut aufgenommen wurde, wird es an die Gewebe abgegeben.

Wird einem Patienten reines Lachgas zugeführt, so tritt nach vorübergehendem Rauschzustande Betäubung ein. Gleichzeitig wird das Atemzentrum durch Asphyxie allmählich gelähmt. Die Atemzüge werden erst schnell und tief, dann krampfhaft, dann langsam und flach und hören schließlich ganz auf. Zahlreiche Experimente haben gezeigt, daß nach dem Tode die üblichen Erstickungszeichen vorhanden sind (Gwathmey). Die Dyspnoe wird vom

Patienten wegen des gleichzeitigen Rauschzustandes nicht empfunden (Bock).

Davy erklärte die Lachgaswirkung so, daß das Gas im Körper in Stickstoff und Sauerstoff zerfalle und eine Sauerstoffüberladung verursache. Die Sauerstoffüberladung führe zu übermäßiger Bildung von Kohlensäure und dadurch zu „innerer Erstickung". Als deren Begleiterscheinung trete Narkose auf. Als sich später herausstellte, daß Lachgas im Blut stabil bleibt und nicht in seine Elemente zerfällt, führte man die innere Erstickung darauf zurück, daß das Lachgas infolge größerer Affinität den Sauerstoff aus der Verbindung mit dem Hämoglobin verdränge (Hermann, Crile, Jolyet, Blanche).

Daß auch bei Zufuhr von reinem Lachgas die Narkosewirkung nicht nur auf innere Erstickung beruht, hat Goltstein an zwei Fröschen gezeigt, von denen der eine in reinem Lachgas nach 5 Minuten die Reaktionsfähigkeit verlor, während der andere in Wasserstoff sie nach $1^1/_4$ Stunden noch nicht verloren hatte. Auch die Atmung verhält sich nach Goltstein bei Lachgaszufuhr anders als bei reiner Erstickung: Die dyspnoischen Anstrengungen sind geringer, klonische Krämpfe fehlen, Reflexlosigkeit tritt viel eher ein. Weiter ergaben die Untersuchungen Wintersteins und anderer, daß sich auch anoxybiotische Tiere (Ascariden), bei denen es gar keinen Sauerstoff zu verdrängen gibt, narkotisieren lassen.

Endgültig bewiesen wurde die spezifisch-narkotische Wirkung des Lachgases 1868 durch Andrews, der Lachgas mit Sauerstoff mischte und damit die Narkose nach Belieben über längere oder kürzere Zeit aufrecht erhielt. Darüber, wie die spezifisch-narkotische Wirkung des Lachgases zu erklären ist, gehen die Meinungen auseinander. Viele Autoren glauben, daß sie ebenso wie bei Chloroform, Aether und Chloraethyl durch Lösung in den Lipoiden der Gehirnzellen zustande kommt (Bock, Rütz). Gauß und Wieland dagegen bestreiten die Lipoidlöslichkeit des Lachgases und unterscheiden scharf zwischen den lipoidlöslichen Narkoticis Chloroform, Aether und Chloraethyl und den wasserlöslichen Gasen (Lachgas und Narcylen). Während sie bei den ersteren von „Narkose" sprechen,

wenden sie bei letzteren die Bezeichnung „Betäubung" an.

Der Verlauf einer Lachgasnarkose mit allen subjektiven und objektiven Erscheinungen spielt sich nach Gwathmey folgendermaßen ab:

Das Einleitungsstadium bis zum Eintreten der Bewußtlosigkeit dauert 20—30 Sekunden. Der Patient empfindet Wärme in den Lippen, Starre, Taubheit und Schwere in den Extremitäten und anderen Körperteilen, er hat das Gefühl der Erheiterung und bekommt „von Atemzug zu Atemzug Lust nach mehr" (Selbstversuch von Domanig). Die Schmerzempfindung ist aufgehoben, die Berührungsempfindung erhalten. Der Patient hat den Drang, schnell und tief zu atmen. Wird das Lachgas zu schnell gegeben, so tritt Ohrensausen, Benommenheit und Erstickungsgefühl auf. Objektiv bemerkt man in diesem Stadium Beschleunigung und Vertiefung der Atmung, Vollerwerden des Pulses und Ansteigen des Blutdrucks. Bezeichnend für die Empfindungen der Patienten ist der Bericht von einem Selbstversuch Zádors: „Die Einatmung des etwas süßlichen Gases war keineswegs unangenehm, — — — ich lachte dann plötzlich mehrere Male auf, ohne daß es mir besonders lustig zu Mute gewesen wäre, — — „es" lachte in mir."

Das Exzitationsstadium beginnt mit dem Schwinden von Koordination und Bewußtsein. Die Patienten lachen, schreien, murmeln und machen unkoordinierte Bewegungen. Der Muskeltonus ist verändert. Die Stimmung ist im allgemeinen heiter, die Patienten haben phantastische, manchmal erotische Träume, die auch bis über die Rückkehr des Bewußtseins hinaus anhalten können. Bei depressiven Psychosen werden nach Zádors Versuchen im Lachgasrauch die depressiven Affektäußerungen nicht behoben, sondern im Gegenteil verstärkt. Der Puls ist im Exzitationsstadium voll und etwas schneller als im Einleitungsstadium. Die Pupillen werden weit, die Augenlider öffnen sich auf Zwicken. Die Patienten machen Schluckbewegungen, manchmal ist Trachealrasseln hörbar. Das Gehör ist erhalten. Bei geringer Sorgfalt in der Sauerstoffdosierung färbt sich die Haut dunkel oder livide, „which is generally a feature of nitrous oxid anesthesia", nach Gwathmeys Ansicht.

Das Stadium chirurgicher Betäubung ist nch 1—4 Minuten erreicht, dabei ist die Geschwindigkeit abhängig von der Art des Patienten, der Reinheit des Gases und der Anwendungstechnik. Lid- und andere Reflexe sind verschwunden, die Muskelerschlaffung ist mehr oder weniger vollständig. „Muskelspannung bedeutet immer den Schrei nach Sauerstoff" (Widenhorn). Die Atmung ist automatisch, regelmäßig und geräuschlos, der Puls voll und regelmäßig, seine Frequenz leicht vermehrt (80—90). Ob die Pupillen weit oder eng sind, hängt von der Vorbereitung mit Alkaloiden ab.

Werden bei der Narkose technische Fehler gemacht und wird die Sauerstoffzufuhr zu stark eingeschränkt, so folgt als letztes das „Stadium der Ueberdosierung", das durch Störungen im kleinen und großen Kreißlauf, Stauung im rechten Herzen und in den Venen und Umlauf sauerstoffarmen Blutes in allen Körperteilen angekündigt wird. Der Patient wird erst hyper- dann dyspnoisch. Die Atmung wird unregelmäßig, sprunghaft, schnarchend, die Exspiration durch Muskelspasmus gequält oder krampfhaft. Dann tritt Erschöpfung ein: Die Muskeln erschlaffen, die Pupillen werden weit. Die Lider sind weit offen, die Conjunktiven unempfindlich, der Puls wird unfühlbar. Die Atmung läßt unter verlängerten seufzenden Inspirationen allmählich nach und hört schließlich infolge Lähmung des Atemzentrums ganz auf.

Die Nachwirkungen sind bei Lachgas geringer als bei irgend einem anderen Anaestheticum (Gwathmey).

Erbrechen beobachtete Schroeder bei 12 % seiner Patienten, Zádor bei 10 %, Sachs und Georgieff bei 8,5 %. Straßmann hat nur nach starker peritonealer Reizung gelegentlich Würgen beobachtet.

Bronchitiden und Bronchopneumonien sind bei Lachgas seltener als bei anderen Inhalationsnarcoticis. Klemke hatte:

bei Aether-Chloroformnarkose unter 71 Patienten 39,4 % postoperative Bronchitiden, davon 9 % zusammen mit einer Bronchopneumonie,

bei Lokalanaesthesie unter 73 Patienten 21,8 % post-

operative Bronchitiden, davon 2,7 % mit Bronchopneumonie,

bei Lachgasnarkose unter 78 Patienten 21,6 % postoperative Bronchitiden, davon 3,8,% mit Bronchopneumonie. Domanig berichtet bei 131 großen unter Äther durchgeführten Laparotomien von 16 postoperativen Pneumonien mit 4 Todesfällen, bei 106 gleichartigen unter Lachgas durchgeführten Laparotomien nur von 9 postoperativen Pneumonien ohne Todesfall. Schmidt beobachtete bei 200 Lachgasnarkosen nur eine fieberhafte Bronchitis mit blutigem Sputum, Denk bei 500 Patienten zwei Bronchitiden und acht Pneumonien (alles Oberbauchoperationen).

Thrombosen sind nach Lachgasnarkose selten (Meiß), Embolien sind auf ein Zehntel abgesunken (Schmidt).

Geht aus diesen Berichten schon die geringe Schädlichkeit der Lachgasnarkose hervor, so wird sie bei der Untersuchung von Kreislauf und Stoffwechsel noch bestätigt. Auf den Kreislauf wirkt Lachgas als „Antischocknarkoticum". Bei Herzschwäche nimmt die Schlagfrequenz ab, das Schlagvolumen zu. Blutdrucksteigerung ist immer ein Zeichen für Asphyxie, sie ist wahrscheinlich auch die Ursache der häufig zu beobachtenden Neigung zu stärkerer Blutung. Bei ausreichender Sauerstoffzufuhr wird der Blutdruck wenig verändert (Klein). Bei bestehender Blutdrucksenkung hat die Lachgasnarkose analeptische Wirkung.

Auf die Leber hat Lachgas keinen schädlichen Einfluß, es kann deshalb bei schweren Leberkrankheiten ohne dauernden Schaden verwendet werden. Als Ausdruck der Funktionsfähigkeit der Leber untersuchte Schmidt das Verhalten des Milchsäurewertes im Blut. Er beträgt nüchtern 9—12 Milligrammprozent und ist bei Leberschädigung und langdauerndem Hunger erhöht. Schmidt fand 24 Stunden nach einer Äthernarkose eine Erhöhung um 7,1 Milligrammprozent, nach Lokalanaesthesie eine Erhöhung um 1,45 Milligrammprozent und nach einer Lachgasnarkose eine Erhöhung um nur 1,0 Milligrammprozent. In acht Fällen lag der Milchsäurewert nach Lachgasnarkose unter dem Ausgangswert.

Die Technik der Lachgasnarkose.

Bei der ältesten Art der Lachgasnarkose atmete der Patient aus einem mit Lachgas gefüllten Beutel (Sparbeutel), der aus einer Lachgasflasche aufgefüllt wurde. Trat Asphyxie ein, so wurde die Maske entfernt und der Eingriff, zum Beispiel eine Zahnextraktion, vorgenommen. Nach den Angaben Gwathmeys ereignen sich 90 % aller unangenehmen Narkosezwischenfälle bei diesem Verfahren, das er deshalb nur für kurze Operationen und zwar „bei ausgesuchten Individuen und unter günstigen Bedingungen" empfiehlt. Bei allen länger dauernden Eingriffen muß mit dem Lachgas zugleich auch Sauerstoff verabreicht werden. Führt man den Sauerstoff in dem Verhältnis zu, wie er in der Luft enthalten ist (20 %), so kann — ohne Vorbereitung des Patienten mit Morphium oder anderen Narkoticis — nur ein rauschähnlicher Zustand erreicht werden (Rütz). Ein Heruntergehen mit der Sauerstoffzufuhr unter 20 % bedeutet für den Patienten Lebensgefahr. So kamen in der Breslauer Klinik zwei Todesfälle dadurch zustande, daß durch Versagen des Apparates den Patienten nur 10 %, beziehungsweise 12 % Sauerstoff zugeführt wurde. Ein Zeichen für mangelhafte Sauerstoffzufuhr ist die Zyanose des Gesichts, die neben Veränderung der Atmung, Ansteigen des Blutdrucks und Auftreten asphyktischer Muskelspasmen ein Ausdruck von Anoxaemie ist. Die Gesichtsfarbe ist aber nur ein „relatives Symptom" (Widenhorn). So zum Beispiel werden Plethoriker leicht zyanotisch, weil die zugeführte Sauerstoffmenge nicht ausreicht, um das vermehrte Haemoglobin abzusättigen. Umgekehrt braucht bei anaemischen Patienten auch bei knapp bemessener Sauerstoffzufuhr keine Zyanose aufzutreten. Bei Aetherzusatz tritt leichter Zyanose auf, da Aether die Sauerstoffbindungsfähigkeit des Blutes herabsetzt (Pitt, Raine, Hartmann).

Infolge dieser Unsicherheit ist die Bewertung der Zyanose ganz verschieden. Während die deutschen Autoren (Schmidt und andere) Zyanose streng vermieden wissen wollen und deshalb unter einen bestimmten Sauerstoff-Prozentgehalt nicht heruntergehen, führen die Amerikaner (Gwathmey) vielfach absichtlich Zyanose (slightest de-

gree of duskiness) herbei, um in den ersten 10 Minuten eine schnellere Vertiefung der Narkose zu erreichen.

Eine weit sichere Beurteilung des Sauerstoffbedarfs gestattet die Beobachtung der Atmung. Sie verliert bei Anoxaemie ihre automatische Gleichmäßigkeit, wird durch profuse Schleimsekretion rasselnd, zeigt erst vorwiegend inspiratorische, dann heftige exspiratorische Anstrengung, um schließlich — während die Atemzüge seltener und flacher werden — ganz aufzuhören (Goltstein).

Praktisch wird die Narkose so gehandhabt, daß die Sauerstoffzufuhr dauernd zunimmt. In den ersten Minuten wird sehr viel Lachgas gebraucht, weil die Gewebe abgesättigt werden müssen. Man gibt deshalb anfangs nur 10 % Sauerstoff (Schmidt, Sachs, Georgieff) und steigert allmählich auf 15—20—25 % (bei Morphium-Skopolaminvorbereitung). Flörcken berichtet sogar von einer Durchschnitts-Sauerstoffzufuhr von 40 %, und Widenhorn bei schwachen und kachektischen Patienten von einer Konzentration von 40—50 %. Gwathmey wendet am Ende langdauernder Operationen Lachgas und Sauerstoff zu gleichen Teilen an. Die „Sauerstofftoleranz" wächst im Verlaufe einer Narkose (Schmidt).

Die Menge des zuführenden Sauerstoffs ist von verschiedenen Umständen abhängig: vom Allgemeinzustand des Kranken (schwache und kachektische Patienten brauchen weniger Lachgas, können also mehr Sauerstoff zugeführt bekommen), von der Vorbereitung mit Morphium und anderen Narkoticis (gut vorbereitete Patienten brauchen ebenfalls wenig Lachgas), von der Technik der Gaszuführung und der Erfahrung des Narkotiseurs (erfahrene Narkotiseure brauchen weniger Narkoticum als Anfänger, aus welchem Grunde viele Autoren — Meiß, Domanig, Sachs, Georgieff und andere — das Narkosespezialistentum befürworten.) Auf keinen Fall darf jedenfalls die Dosierung schematisch vorgenommen werden.

Um trotz reichlicher Sauerstoffzufuhr eine ausreichende Narkosetiefe zu erreichen, werden in den meisten Fällen vor oder während der Lachgasnarkose noch andere Narkotica gegeben.

Die Vorbehandlung des Patienten mit Morphium-Sko-

polamin wurde oben schon erwähnt. Man gibt diese betäubenden Alkaloide (oder auch Barbitursäurepräparate) mit der Absicht, den Patienten in Narkosebereitschaft zu versetzen (Domanig). Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß, abgesehen von gelegentlichem postnarkotischen Erbrechen, keine nachteiligen Narkosefolgen auftreten (Hesse). Widenhorn wendet diese präoperative Medikation in allen Fällen an, sie ist nach seiner Meinung eine conditio sine qua non für jede Gasnarkose. In diesem Sinne wird sie auch von den meisten Autoren gehandhabt. Hesse allerdings beschränkt die Notwendigkeit der Vorbehandlung auf intraperitoneale Eingriffe. In poliklinischen Fällen (Schmidt) und in der Geburtshilfe (Mauerer, Hole), wo keine volle Narkose verlangt wird ist sie überflüssig. Zur Vorbehandlung wird in den meisten Fällen eine Kombination von Morphium und Skopolamin oder Atropin angewendet. Klemke und Schüppel benutzen Pantopon, Neu am Vorabend auch Veronal. Das Morphium wird von vielen Autoren fraktioniert, das heißt in zwei Dosen gegeben, da die Wirkung dann stärker sein soll (Bürgi, Widenhorn, Schmidt).

Die kombinierte Anwendung von Morphium und Skopolamin ist experimentell begründet durch die Versuche Madelungs, der mit reinem Lachgas beim Kaninchen nicht einmal Rausch und Hypaesthesie, nach Vorbehandlung mit Morphium und Skopolamin aber tiefe Narkose erzeugen konnte. Wurde jedes dieser beiden Pharmaka in entsprechender Menge allein gegeben, so trat diese Wirkung nicht ein.

Beispiele für die Handhabung der Vorbehandlung.

Schmidt: $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde vor der Operation 0,01 g Morphium und 0,001 g Atropin oder 0,0005 g Skopolamin, 10 Minuten vor der Operation noch einmal 0,01 g Morphium.

Neu: Am Vorabend 0,5—1,0 g Veronal, zwei Stunden vor der Operation 0,0004 g Skopolamin und 0,0008 g Morphium, eine Stunde vor der Operation 0,0003 g Skopolamin und 0,01 g Morphium.

Schüppel: 0,02 g Pantopon in zwei Dosen.

Sehr viel angewendet wird die Kombination von Lachgas und Aether. Sie ist bei genügender Sauerstoffzufuhr nach Gwathmey die sicherste Art der Inhalationsnar-

kose. Erstaunlich kleine Aethermengen („homöopathische Dosen" Schmidt), wie ½—5—10 ccm, haben besonders zu Beginn der Narkose oft eine ausreichende Wirkung.

Man kann diese Tatsache mit der Bürgischen Theorie erklären, nach welcher „derselben pharmakologischen Gruppe zugehörige Substanzen sich bei ihrer Kombination einfach addieren, während bei Kombination von Giften, die zu verschiedenen Untergruppen gehören, auch Potenzierungen auftreten können" (nach Winterstein). Lendle, der das Zusammenwirken von Lachgas und Aether experimentell untersuchte, konnte diese Theorie allerdings nicht bestätigen: Nach seinen Ergebnissen tritt eine Potenzierung beider Wirkungen in keinem Falle ein, bei höheren Lachgaskonzentrationen sogar eher eine Abschwächung.

Die Aethermenge, die zugeführt werden muß, ist in hohem Grade abhängig von der Art des vorzunehmenden Eingriffes. So können Extremitäten-, Mamma- und Strumaoperationen nach Denk fast immer ohne Aetherzusatz ausgeführt werden, während Bauchdeckenentspannung bei Laparotomien nach den Berichten der meisten Autoren ohne Aether kaum zu erreichen ist. Rose mußte in jedem Fall Aether zugeben, Denk bei etwa 80 % seiner Laparotomien. Widenhorn gelang es zuweilen, den Aetherzusatz auf den Moment der Oeffnung und Schließung des Peritoneums zu beschränken. Ueberhaupt muß der Narkotiseur dem Verlaufe der Operation genau folgen und vor schmerzhaften Phasen Aether zusetzen (Meiß). Fohl gibt, um vorher mögliche Reizerscheinungen zu vermeiden, von einer bestimmten Narkosetiefe an etwa 5—20 ccm Aether laufend zu. Hauke und Beitz setzen Aether (10—30 g pro Narkosestunde) zu, wenn der Patient nach 5—10 Minuten nicht schläft. Sachs und Georgieff mußten in 127 von 200 Fällen aller Art Aether zugeben, und zwar 59mal 10—20 g und 68mal bis 50 g. Die Nachteile des Aethers — Reizung der Atemwege, postoperative Bronchitis und Pneumonie — kommen bei Verwendung dieser geringen Aethermengen nicht in Betracht (Hauke, Beitz).

Aehnlich wie Aether kann auch Chloroform bei der Lachgasnarkose zusätzlich gegeben werden. Die Narkose tritt dann rascher ein (Fohl).

Da Aether und Chloroform den Charakter der reinen Gasnarkose stören, suchten Schmidt und Schaumann

nach einem gasförmigen Zusatznarkoticum. Sie untersuchten die Gase der homologen Reihe und fanden dabei Butylen, Isobutylen und Vinylchlorid als geeignet. Andere Gase schieden aus, weil sie leicht Herz- und Atemlähmung verursachten (Butadien), weil sie Kohlenoxyd enthielten (Aethylen, Propylen) oder zu explosiv waren (Aethylen, Acethylen).

Sachs, Georgieff, Flörcken, Widenhorn und Domanig haben Lachgas mit Avertin kombiniert. Domanig bezeichnet die Avertinbasisnarkose mit Morphium und Lachgas geradezu als „ideale Narkose", Widenhorn nennt sie „technisch leicht und klinisch erfolgreich." Er berechnet pro kg Körpergewicht 70—90 mg Avertin. Während der Narkose wird die blutdrucksenkende Wirkung des Avertins durch die blutdrucksteigernde des Lachgases ausgeglichen. Bei Operationen in Lokalanaesthesie kann Lachgas auch als Zusatznarkoticum gegeben werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die Psyche des Patienten durch ein unschädliches Narcoticum ausgeschaltet und gleichzeitig die zentripetale Leitung vom Operationsfeld unterbrochen wird, so daß die schockerzeugende Wirkung des Operationstraumas wegfällt (Finsterer). In gleicher Weise kann Lachgas bei Lumbalanaesthesie ängewendet werden.

Crile hat ein Verfahren angegeben, bei dem durch Lähmung mit Hilfe von Lokalanaesthesie eine völlige Entspannung der Bauchmuskeln erreicht wird. Mit dieser Methode hat Finsterer alle Arten von Bauchoperationen durchführen können.

Abgesehen von der vorherigen oder gleichzeitigen Verabreichung anderer betäubender Mittel kann man trotz ausreichender Sauerstoffzufuhr eine tiefe Narkose auch dadurch erzielen, daß man das Lachgas-Sauerstoffgemisch unter erhöhtem Druck zuführt.

Die Anwendung des Ueberdrucks in der Lachgasnarkose reicht auf die Versuche Berts (1878) zurück, der in der Ueberdruckkammer mit einem Ueberdruck von $^1/_5$ Atmosphäre, das heißt einem Lachgaspartialdruck von 760 mm Quecksilber, ausreichende Narkosetiefe erzielte. Um die mit der Arbeit in der Ueberdruckkammer verbundenen

technischen Schwierigkeiten zu vermeiden, gab Hewitt 1889 einen Apparat an, bei dem der Ueberdruck dadurch erzeugt wurde, daß der Patient durch einen Schlauch in ein wassergefülltes Gefäß ausatmete. Um in das Freie zu gelangen mußte die Exspirationsluft den Druck einer Wassersäule überwinden, dessen Höhe davon abhing, wie weit der Schlauch in das Wasser eintauchte. Bei einer Eintauchtiefe von 10—20 cm betrug der Ueberdruck nur $^1/_{50}$ Atmosphäre, das heißt den zehnten Teil des Ueberdrucks in der Bertschen Kammer. Angesichts dieses Druckunterschiedes bei gleicher Wirkung hat Schmidt darauf hingewiesen, daß bei dem Hewittschen Verfahren die Narkosevertiefung keine eigentliche Ueberdruckwirkung ist, sondern auf Kohlensäure-Rückatmung beruht: Da sich die Exspirationsluft, die viel Kohlensäure und Lachgas enthält, den Weg des geringsten Widerstandes sucht, strömt sie teilweise durch die gaszuführende Leitung in den Sparbeutel zurück. Dort mengt sie sich dem frisch gebildeten Gasgemisch bei und wird mit diesem wieder eingeatmet. Der praktische Nutzen des Verfahrens besteht einmal in der Lachgasersparnis (75 % nach Hauberrisser), ein andermal in der narkosevertiefenden Wirkung der Kohlensäure. Man glaubte früher, die Kohlensäure führe bei Zunahme der Atemtiefe und — etwas — auch der -frequenz zu vermehrter Aufnahme von Lachgas-Sauerstoffgemisch. Tatsächlich aber wirkt in größerer Menge aufgenommene Kohlensäure als echtes Narkoticum selbst narkosevertiefend (Schmidt, Bert, Friedländer, Zuntz). Bei Anwendung der Rückatmung darf die Zufuhr frischen Gasgemisches nicht zu stark eingeschränkt werden, sonst tritt als Folge Kopfweh, Uebelkeit und Erbrechen auf. Nach Gwathmey soll die bei jedem Atemzug aufgenommene Gasmenge zu $^1/_4$ –$^1/_2$ aus frischem Gas bestehen, Gatch läßt so lange rückatmen, bis der Kohlensäuregehalt im Sparbeutel 4 % beträgt. Domanig verändert die Intensität der Rückatmung im Laufe der Narkose: Zu Beginn gibt er, um den Patienten nicht durch angestrengte Exspiration zu ängstigen, nur 3 cm Wasser Ueberdruck, später steigt er auf 6—8 cm und bei Eröffnung der Bauchhöhle geht er, um Pressen zu vermeiden, wieder auf 5 cm zurück. Denk macht darauf aufmerksam, daß

bei Einatmung eines kohlensäurereichen Gemisches mehr Sauerstoff (bis 30 %) gegeben werden muß.

Dieses Prinzip der Rückatmung ist bei vielen amerikanischen Narkoseapparaten übernommen worden. In einfacher Form bei dem Apparat von Gatch, der aus einer Lachgas- und zwei Sauerstofflaschen, aus Sparbeutel und Maske besteht. Zuerst wird der Beutel mit reinem Lachgas gefüllt, das der Patient ein- und ins Freie ausatmet. Er „wäscht die Luft aus seinen Lungen" (Gwathmey). In dem Moment, wo sich leichte Zyanose einstellt, wird auf Rückatmung umgeschaltet und eben so viel Sauerstoff in den Beutel gelassen, daß die Zyanose verschwindet. Diese Mischung atmet der Patient einige Zeit hin und her, dann wird das Ausatmungsventil geöffnet und der Beutel leergeatmet. Er wird von neuem gefüllt und so fort. Der Nachteil dieser Methode ist, daß eine gelegentliche Störung das ganze Narkoseschema umwerfen kann.

Die Apparate von Davis und Coburn sind nach den Prinzipien von Gatch konstruiert, sie haben aber außerdem eine Wärmvorrichvorrichtung für das Lachgas. Bei Davis strömt das Lachgas durch eine Röhre, die in einem Metallzylinder mit Thermalsalz liegt, bei Coburn streicht es über elektrisch erhitztes Wasser.. Das auf Körpertemperatur erwärmte Gas wirkt nicht reizend auf die Atemwege und wird leichter durch die Alveolarwände resorbiert.

Der Apparat von Hewitt hat die oben beschriebene Rückatmungseinrichtung. Außerdem besteht bei ihm die Möglichkeit, das Mischungsverhältnis von Lachgas und Sauerstoff zu schätzen: Von zwei gleichgroßen Beuteln wird der eine mit Lachgas, der andere mit Sauerstoff gefüllt. Nach der Geschwindigkeit, mit der sich die beiden Beutel entleeren, kann man auf das Gasmischungsverhältnis schließen. Da dieses aber nicht gleichmäßig gehalten werden kann, ist die Methode unzureichend.

Der Apparat von Gwathmey ist eine Modifikation der Hewittschen Konstruktion, mit Vorrichtungen für Rückatmung (rebreathing), Aether- und Chloraethylzugabe. Der Apparat hat einen großen Gasverbrauch.

Eine andere Konstruktion nach den Prinzipien von Hewitt ist der Apparat von Zaaijer-Meiß, ebenfalls mit Wasserüberdruck und Aetherzusatzeinrichtung. Die strömende Gasmenge wird beurteilt durch Einleiten in

Wasser und Beobachtung der aufsteigenden Gasblasen. Meiß hält ein Dosimeter (Apparat zur genauen Messung des Gasstromes) für überflüssig, da ja beim „rebreathing" das Mischungsverhältnis der Gase nicht genau festzustellen sei.

Einer der besten Apparate ist nach Gwathmey derjenige von Teter. Er besteht aus zwei Lachgas- und zwei Sauerstofflaschen, einem Sparbeutel für Lachgas und einem für Sauerstoff, einer Mischkammer mit Aethertropfeinrichtung, einer Wärmevorrichtung für das Gasgemisch und Schlauch und Maske mit Ausatmungsventil. Alle vier Flaschen tragen Reduzierventile zur Herabsetzung des Gasdrucks. Es kann durch eine Exspirationsklappe freie Ausatmung gestattet oder durch Benutzung eines Federwiderstandes Ueberdruck und Rückatmung eingestellt werden. Da der Patient nur in den Lachgas-Sparbeutel rückatmen kann, ist eine bestimmte Sauerstoffbeimischung immer gewährleistet. Der Apparat ist gut transportabel, da sein Oberteil in den Unterteil hineingeklappt werden kann.

Technik der Anwendung: Der Lachgasbeutel wird zu $^2/_3$ gefüllt, der Sauerstoffbeutel nur so weit, daß er gut entfaltet ist. Man läßt den Patienten erst 10—15 Sekunden reines Lachgas atmen und gibt dann in steigender Menge Sauerstoff zu, dessen Zustrom an einem markierten Ventil reguliert wird. Die Beutel müssen immer gut gefüllt sein.

Der Apparat von Cotton-Boothby besitzt ein automatisches Reduzierventil und eine Mischkammer, in die beide Gase getrennt unter Wasser einströmen. Die Aetherzufuhr wird durch einen Drei-Wege-Hahn reguliert: Nach dem Verlassen der Mischkammer kann entweder der Gasstrom ganz über die Aetheroberfläche geleitet werden, oder jedes der Gase einzeln, oder sie können durch den Aether hindurchgeleitet werden. So kann von der kleinsten Spur (from the minutest trace) bis zum hohen Prozentsatz jede beliebige Aethermenge verabreicht werden.

Technik der Anwendung: Man beginnt die Narkose mit 100 % Lachgas und freier Ausatmung und schaltet nach wenigen Atemzügen die Rückatmung ein. Sobald Zyanose auftritt, gibt man Sauerstoff, bis die Gesichtsfarbe wieder normal ist. Die gefundene richtige Mischung von Lachgas-Sauerstoff läßt man beständig strömen. Aether gibt man 2—3 Minuten lang bis zur Muskelerschlaffung (nach v. Brunn).

Die Gefahr einer Asphyxie des Patienten ist bei einer

anderen Gruppe von Apparaten zwar nicht ausgeschaltet, aber doch stark verringert worden durch genaue prozentuale Bestimmung der Sauerstoffzufuhr.

Der Apparat von McKesson unterscheidet sich vom Teter-Apparat einmal in der genauen Einstellung des Gaszustroms, die in Prozenten der lichten Weiten der Zuführungsrohre vorgenommen wird, zum anderenmal darin, daß die Ausatmungsluft nicht in den Lachgas-Sparbeutel zurückströmen und dadurch die genaue Einstellung des Lachgaszustroms gefährden kann, sondern daß sie in einen eigenen Behälter und von da zum Teil ins Freie entweicht (nach v. Brunn).

Gegen die geschilderte Methode der Rückatmung eines kohlensäurereichen Gemisches haben manche Autoren (Schmidt, Sudeck, Schröder, Hauberrisser) Bedenken geäußert, weil die prozentuale Menge Kohlensäure im Sparbeutel unbekannt ist und somit die Gefahr der Kohlensäureüberladung des Körpers besteht. Außerdem wirkt die angestrengte Atmung erschöpfend und stört bei Bauchoperationen, und der mit der Rückatmung notwendigerweise verbundene Ueberdruck schließt Emphysematiker und Kreislaufgeschädigte von der Narkose aus. Um diese Nachteile zu vermeiden, verzichtet Sudeck auf Kohlensäureanreicherung und Ueberdruck. Er leitet die Exspirationsluft durch eine Kalipatrone, reinigt sie so von der Kohlensäurebeimischung und läßt sie dann in den Sparbeutel einströmen. Aus der Rückatmung ist dadurch eine Kreisatmung geworden. Eine Kalipatrone reicht aus für 6 Narkosestunden.

Nach den Angaben von Sudeck und Schmidt hat die Firma Draeger in Lübeck einen Apparat gebaut, bei dem mit Hilfe von Stellschrauben und geeichten Manometern eine genaue prozentuale Einstellung des Gasgemisches möglich ist.

Technik der Anwendung: Der Patient wird mit Morphium-Skopolamin vorbehandelt. Die Narkose wird begonnen mit 90 % Lachgas und 10 % Sauerstoff. Nach den ersten 10—20 Atemzügen steigert man die Sauerstoffzufuhr auf 15 bis höchstens 20 %, bei älteren Patienten auf 30—40 %. Nach 10—15 Minuten ist im allgemeinen eine genügende Narkosetiefe erreicht. Der Lachgasverbrauch beträgt in den

ersten 15 Minuten 90 Liter, dann 2—4 Liter pro Minute. Ist die Narkosetiefe ungenügend, so gibt man vorübergehend ein- bis zweimal 100 % Lachgas (primary and secondary saturation) oder gibt Aether zu. Mit Aether schleicht man sich langsam ein, um Husten und Erbrechen zu vermeiden. Die Kreisatmung setzt man erst 2—3 Minuten nach Narkosebeginn in Gang, weil dann erst das Blut so mit Lachgas beladen ist, daß der Unterschied zwischen Ein- und Ausatmungsgemisch ziemlich ausgeglichen ist. Gegen Ende der Narkose wird die Zufuhr frischen Gases gesperrt und nur noch mit dem Kreisatmungsgemisch gearbeitet. Das Erwachen des Patienten kann durch Ausschaltung der Kalipatrone beschleunigt werden, weil dann die zugeführte Kohlensäure atmungvertiefend wirkt (nach Schmidt).

Bei dem Apparat der Firma Haertel/Berlin wird die Lachgas- und Sauerstoffzufuhr durch Wasserstandsmanometer nach Foregger gemessen. Auf Rückatmung und auch auf Kreisatmung wird verzichtet. Der Apparat besitzt eine Ueberdruckeinrichtung für die Lungenchirurgie.

Technik der Anwendung: Um ein rasches und exzitationsloses Einschlafen zu erreichen, wird während der ersten 2—5 Atemzüge reines Lachgas gegeben. Nach 10—12 Atemzüge wird spätestens mit der Sauerstoffzufuhr begonnen, zuerst mit 5 %, dann mit 10 %. Tritt bei einer Sauerstoffzufuhr von 10—15 % keine tiefe Narkose ein, so muß ein Zusatznarkoticum verwendet werden (nach Rütz).

Der Apparat der Firma Stiefenhofer/München hat eine Ueberdruck- und Aetherzusatz-, aber keine Rückatmungseinrichtung. Es besteht die Möglichkeit der Zuführung von reinem Sauerstoff.

Verlauf und Anwendungsbereich der Lachgasnarkose.

Der Verlauf der Lachgasnarkose ist nach Gwathmey „genau wie bei anderen Narkoticis glatt und ohne besondere Kennzeichen, wenn die Technik nicht irgendwie fehlerhaft ist". Bei mangelhafter Technik ist die Narkose entweder zu oberflächlich dann bleibt die Muskelentspannung ungenügend, oder sie ist zu tief — dann tritt Zyanose und Atemstillstand ein.

Lachgas ist ein schwaches Narkoticum und als solches für Patienten mit schwächlicher Konstitution besonders geeignet, zum Beispiel für Frauen, Kinder, alte Leute und Anaemische. Aeltere Frauen sind besser narkotisierbar

als jüngere, dünne besser als dicke, kachektische besser als kräftige (Schmidt, Schüppel). Bei Kindern bis zum 10. Lebensjahr ist der Aetherrausch völlig ausreichend (Rütz). Schwer narkotisierbar und gefährdet durch die Narkose sind muskelkräftige Männer, Trinker, Fettleibige, Plethoriker und — wegen der blutdrucksteigernden Wirkung des Lachgases — Arteriosklerotiker, Hypertoniker und Patienten mit apoplektischem Habitus. Emphysematiker sind ungeeignet, weil bei ihnen die resorbierende Lungenoberfläche kleiner und deshalb die Asphyxiegefahr größer ist (Hesse, Schmidt, v. Brunn, Schüppel).

Das Gelingen einer Lachgasnarkose hängt aber nicht nur von der Konstitution des Patienten, sondern auch von der Art des einzelnen Krankheitsfalls und des beabsichtigten Eingriffs ab. Vorteilhaft ist Lachgas für die „bad risks" (Musgrave), das heißt für Kranke, die wegen schlechten Allgemeinzustandes narkoseempfindlich geworden sind. Dazu gehören Patienten mit Kachexie, Anaemie, Ikterus, Uraemie, Diabetes und Basedow, ferner fiebernde, septische und toxische Kranke. Bei allen diesen Zuständen ist die geringe Schädlichkeit des Lachgases für Organe und Stoffwechselvorgänge ein großer Vorteil.

Für Eingriffe an Schilddrüse, Mamma, Extremitäten und Achselhöhle, für Hernien, Varikozelen und Operationen an retroperitonealen Organen und am Mastdarm eignet sich Lachgas besonders gut. Ueber Lungenoperationen gehen die Meinungen auseinander: Während Schmidt, Hauke und Beitz das Lachgas allgemein empfehlen, will es Hartmann auf Fälle mit bestehender Pleuraverschwartung beschränkt wissen, da nach seinen Beobachtungen durch Zug an der Lunge viszerale Reflexe auf Herz- und Atemtätigkeit ausgelöst werden.

Ungeeignet für Lachgasnarkose sind alle Erkrankungen, bei denen die äußere oder innere Atmung behindert und somit eine ausreichende Sauerstoffzufuhr in Frage gestellt ist. Die äußere Atmung ist gestört bei teilweiser Verlegung der Luftwege durch Hypertrophie des lymphatischen Rachenringes, Strumastenose, Emphysem oder Fehlen einer Lunge, die innere bei hochgradiger Anaemie und Kreislaufschwäche mit Stauung und Zyanose (Schmidt,

Fohl, v. Brunn). Wegen der bei Sauerstoffknappheit auftretenden Bauchdeckenspannung ist Lachgas ferner weniger geeignet bei Laparotomien (besonders bei Ileus und Peritonitis, wo beim Pressen Infektionsgefahr besteht, Schmidt) und Operationen im kleinen Becken.

Lachgas in Geburtshilfe und Gynäkologie.

Sehr geeignet ist Lachgas für die Herabsetzung der Schmerzempfindung während der Geburt. Nach Cohn wird die Geburtsarbeit selbst dabei nicht beeinträchtigt. Mauerer und Hole haben in 8% ihrer Fälle (besonders bei Ueberschreitung des analgetischen Stadiums) eine Verschlechterung der Wehen, bei anderen Patientinnen dagegen eine Verbesserung und einmal eine Dauerkontraktion beobachtet. Zuweilen scheint Lachgas zu nervösen Erregungen zu führen: Cohn beobachtete in 3 von 20 Fällen Aufregungszustände (für die hinterher Amnesie bestand), Tittel einen hystero-epileptischen, einen epileptischen Anfall und einmal Aphasie. Die Berichte über geburtshilfliche Operationen, bei denen Vollnarkose erforderlich ist, sind nicht besonders günstig. Nach Heaney können nur die einfachsten Versorgungen unter Lachgas ausgeführt, kann selten ein Kaiserschnitt ohne Aetherzusatz gemacht werden. Mauerer und Hole mußten in 66% ihrer geburtshilflichen Operationen 3—25 g Aether zusetzen. Bedenklich ist vor allem, daß bei Zyanose oder Asphyxie der Mutter das Kind ernstlich gefährdet ist. Schroeder erlebte in 2 von 6 Fällen von Sectio, daß die Kinder asphyktisch zur Welt kamen und sich nicht beleben ließen, Mauerer und Hole berichten von einer Sectio wegen Plazenta praevia, bei der die Obduktion des Kindes Erstickungsblutungen in Pleura, Epi- und Perikard ergab.

Gynaekologische Untersuchungen und Eingriffe im kleinen Becken, die eine weitgehende Entspannung der Bauchmuskeln verlangen, sind im allgemeinen kein geeignetes Feld für die Lachnarkose. Küster mußte in allen seinen Versuchsfällen die Narkose abbrechen und zu Aether oder Chloroform übergehen, da sich auch durch einige Tropfen Aether keine ausreichende Entspannung erzielen ließ. Er

hält die Lachgasnarkose dort für angezeigt, wo nur Anaesthesie verlangt wird (Abortausräumung, Abszeßspaltung und ähnliche Operationen). Straßmanns Berichte lauten wesentlich günstiger. Sein Material umfaßt 35 Laparotomien, 29 größere vaginale Operationen mit Eröffnung des Peritoneums, 46 kleinere vaginale Operationen und 6 andere Operationen. Er brauchte in 22 Fällen keinen Aether, in 47 Fällen $^1/_2$—20 ccm, in 38 Fällen 21—50 ccm und in 13 Fällen über 50 ccm.

Für die chirurgische, zahnärztliche, otologische, ophthalmologische und paediatrische Poliklinik eignet sich die Lachgasnarkose gut. Hier handelt es sich meistens um eine kurzdauernde Rauschnarkose bei kleinen Eingriffen, bei der die Anwendung einer Chloraethyl-Aethernarkose „mit Kanonen nach Spatzen schießen" bedeuten würde (Schmidt). Vor allem ist der Lachgasrausch harmloser als der Chloraethylrausch, bei dem eine Reihe von Todesfällen beschrieben worden ist (Schmidt, Kulenkampff, Hartleib, Baldwin und andere).

Todesfälle.

Die Todesfälle durch Lachgas beruhen alle auf einer zu geringen Sauerstoffzufuhr, das heißt auf Erstickung. Als Beispiel seien die beiden von Hahn beschriebenen Unglücksfälle der Breslauer Klinik angeführt. Es handelte sich dabei

1. um einen 62-jährigen Mann mit Magenkarzinom. Schon beim Bauchschnitt war das Blut sehr dunkel. Die Resektion des Tumors erfolgte nach Reichel. $1^1/_4$ Stunde nach Operationsbeginn, beim Anlegen der letzten Nahtreihe an der Anastomosenstelle, setzte die Atmung aus und der Patient wurde tiefblau. Wiederbelebungsversuche (Herzmassage, Herzmittel, künstliche Atmung) waren ohne Erfolg. Die Sektion ergab Anaemie und Kachexie, Arteriosklerose der Aorta, Lungenemphysem und -oedem.

   Der Narkotiseur war durch mehrere hundert Narkosen geübt.

2. um einen 33-jährigen Patienten mit Duodenalulcus, das ins Pankreas perforiert war. Der Patient war bereits früher wegen eines Ulcus nach Billroth I operiert worden. Auch in diesem Fall setzte nach $1^1/_4$ Stunde die Atmung aus, wieder waren Wiederbelebungsversuche ohne Erfolg. Die Sektion ergab keinen ausreichenden Befund.

   Die Narkose wurde ausgeführt von einem Vertreter der I. G.-Farben, der bereits an 30 Stellen den Apparat (Stiefenhofer) vorgeführt hatte.

Bei beiden Narkosen war am Apparat eine ausreichende Sauerstoffzufuhr eingestellt worden, die vorübergehend 16 %, sonst aber nicht unter 18 % betrug. Der Erstickungstod beider Patienten ist somit nur durch ein Versagen des Apparats zu erklären, welches nach einer Untersuchung der I. G. Farben durch Verstopfung der Sauerstoffdüse entstanden war. Die tatsächlich zum Patienten gelangende Sauerstoffmenge betrug im einen Fall 67 %, im anderen 55 % des eingestellten Wertes.

Andere Lachgastodesfälle werden von Hartmann, Schroeder, Schoemaker, Olow und Boys beschrieben. Bei Hartmann handelte es sich um eine 53-jährige Patientin mit Kehlkopflues und doppelseitiger Pneumonie, die unter Zyanose ad exitum kam. Schroeder berichtet bei 110 operierten Frauen von 3 Todesfällen, wobei die Todesursache einmal postoperative Pneumonie und einmal schwere Asphyxie war. Beim dritten Fall blieb sie ungeklärt. Schoemaker beschreibt einen Atem- und Herzstillstand während der Narkose, Olow einen Todesfall bei einem 53-jährigen Mann mit Kurzatmigkeit, Emphysem und Koronarsklerose. Boys beobachtete einen 9-jährigen Jungen (Hernienoperation), bei dem die Herztätigkeit den Atemstillstand um 6 Stunden überdauerte.

In der Bewertung der Lachgastodesfälle weichen die einzelnen Autoren voneinander ab. Die Mehrzahl der Amerikaner urteilt, auf Grund von Millionenstatistiken, günstig (nach Schmidt). Ablehnend verhalten sich Baldwin, Morgan, Bevan, Robinson, Blomfield und andere. Nach Gwathmey hat ein Berufsnarkotiseur jährlich etwa zwei Todesfälle. Gauß berechnet die Narkosesterblichkeit bei Verwendung von

reinem Lachgas	1	auf	3929 Narkosen,
Lachgas-Aether	1	auf	2703 Narkosen,
Chloroform	1	auf	3000 Narkosen,
Aether	1	auf	5000 Narkosen.

Sehr ungünstig ist das Urteil von Gatch, der schon auf 833 Narkosen einen Exitus berechnet (nach Gauß).

Das Acetylen (Narcylen).

Das Gas Acetylen (Konstitutionsformel HC≡CH) entstammt ebenso wie Aethylen, Propylen, Butylen, Allen und Butadien der Kohlenwasserstoffreihe. Seine betäubenden Eigenschaften wurden von Wieland entdeckt, der es nach Reinigung von giftigen Phosphorwasserstoffbeimengungen zusammen mit Gauß unter dem Namen „Narcylen" 1922 in den Klinikgebrauch einführte.

Eigenschaften des Narcylens.

Resorption und Ausscheidung des Narcylens erfolgt noch rascher als die des Lachgases. Gauß und Wieland beobachteten, daß ein Drittel aller Patienten nach 1 Minute bewußtlos war, drei Viertel nach 2 Minuten und nur 3 % nach 5 Minuten oder später. Ein Viertel aller Patienten erwachte nach $^1/_2$ Minute, die Hälfte nach 1 Minute und nur 3,9 % erwachten nach 5 Minuten oder später.

Narcylen ist ein stärkeres Narkoticum als Lachgas, ein schwächeres als die meisten anderen Gase der Kohlenwasserstoffreihe, deren Toxizität nach Killian proportional der Zahl der Kohlenwasserstoffatome und der Doppelbindungen ist. Killian erreichte bei seinen Versuchen Schlaf und Narkose in 5 Minuten bei Zuführung von

20 % Butadien,
30 % Allen,
40 % Butylen und Isobutylen,
50 % Propylen,
60 % Narcylen,
80 % Aethylen.

Wegen der guten narkotischen Wirksamkeit des Narcylens kann im zugeführten Narcylen-Sauerstoffgemisch der Sauerstoff-Prozentgehalt stets so hoch bemessen werden, daß die bei der Lachgasnarkose immer drohende Gefahr der Asphyxie nicht in Betracht kommt. Nach Goldman kann bei der Narcylennarkose die Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes in normalen Grenzen gehalten werden. Normal ist die Sättigung, wenn das zugeführte Gasgemisch mindestens denselben Sauerstoffgehalt hat wie Luft, das heißt 20 %. Beim Lachgas ist ohne Hilfsmittel wie Vorbehandlung, Aetherzusatz und dergleichen mit 20 % Sauerstoffzufuhr keine Narkose möglich, die Sauerstoffsättigung

bleibt deshalb unter der normalen Grenze. Goldman konnte Narkose erreichen bei Verwendung von

Lachgas,	wenn der Sauerstoffgehalt	geringer war als	7 %,
Aethylen,	wenn der Sauerstoffgehalt	geringer war als	12 %,
Acetylen,	wenn der Sauerstoffgehalt	geringer war als	20—30 %.

Uebereinstimmend mit diesen Ergebnissen teilen Huisgen, Mallebrein, Goldman und andere mit, daß sie bei Narcylennarkose niemals einen Fall von Zyanose beobachtet haben. Die Gesichtsfarbe blieb immer rosig (Schroeder).

Entsprechend den stärkeren narkotischen Eigenschaften spielt beim Narcylen die Kombination mit anderen Narkoticis nicht eine so große Rolle wie beim Lachgas.

Der Aetherzusatz, der bei der Lachnarkose beinahe die Regel war, ist stark eingeschränkt. Huisgen konnte bei 329 Laparotomien ganz darauf verzichten und Ringel gab bei zahlreichen Bauchoperationen nur in Ausnahmefällen Aether. Lendle hat ebenso wie beim Lachgas das Verhältnis der Narcylen- und Aetherwirkung zueinander untersucht und fand, daß sie sich nicht potenzieren, sondern nur addieren. Nach Schmidt ist die Aetherwirkung in der Narcylennarkose mangelhaft. Die Narkosegeschwindigkeit entspricht derjenigen vom Lachgas-Aethergemisch, das schnell wirkende Narcylen hat also keinen Einfluß.

Die Vorbehandlung des Patienten wird beim Narcylen ebenfalls so gehandhabt wie beim Lachgas. Die Dosen werden wegen der stärkeren narkotischen Wirkung des Narcylens manchmal kleiner bemessen (Huisgen: $^1/_2$—1 Stunde vor der Operation 0,5 ccm einer 2 %igen Morphiumlösung subkutan), teilweise aber genau so wie beim Lachgas. Hurler gibt beispielsweise 0,01 Morphium + 0,0003 Skopolamin in zwei Dosen 90 bzw. 45 Minuten vor der Operation.

Der Geruch des Narcylens ist für den Patienten zwar nicht angenehm, aber immer noch besser als der von Chloroform oder Aether (Huisgen). Das Urteil der Patienten ist durchweg günstig: Sie bekommen kein Erstickungsgefühl und es tritt ein euphorisch-indolenter Zustand ein, der unmerklich in Bewußtlosigkeit übergeht (Gauß, Wieland). Küppers und Franken haben

Versuche mit Narcylenrausch an 25 Personen angestellt. Es ergab sich, daß die Reaktionsweise der einzelnen Personen zwar außerordentlich verschieden, bei derselben Versuchsperson aber immer wieder gleich ist. Von den 25 Personen verhielten sich 5 stumpf, 18 euphorisch und 2 heiter-erregt. Die Stumpfen fühlten ihre Glieder steif oder schlaff werden, empfanden eine unangenehme Mattigkeit, Schwindelgefühl, Brausen oder Summen im Kopf und Flimmern vor den Augen. Ihr Aussehen war unverändert oder blaß. Sie zeigten Gedankenarmut, Willenlosigkeit und Unfähigkeit zum Sprechen. Die Euphorischen fühlten ihren Körper leicht und gewichtlos werden, körperliche Mißempfindungen schwanden. Sie empfanden eine „wohlige Müdigkeit wie nach einem warmen Bade". Ihre Wangen waren gerötet, ihre Augen glänzten, sie lächelten. Hinterher berichteten sie, „man schwelge in Gefühlen" und „denke überhaupt nicht". Die Heiter-Erregten fühlten sich körperlich „eher erregt als müde", ihr Gedankenablauf war beschleunigt, sie hatten Lust zu rythmischen Bewegungen und nachdrücklichen Gesten und hatten ein Mitteilungsbedürfnis. Ein Erscheinungsbild, welches dem einer manischen Psychose ähnelt.

Wird Narcylen mit einzelnen durch Pausen getrennten Atemzügen eingeatmet, so entsteht statt Narkose ein traumhaft-benommener Zustand mit Euphorie und Aenderung der Sinneswahrnehmung (Sioli). Sioli hat auch einen Fall von Gewohnheitsmißbrauch mitgeteilt, und zwar handelte es sich um einen Arzt, der bei Selbstversuchen süchtig wurde. Er bekam Gesichts- und Gehörshalluzinationen, wurde empfindlich, vereinsamt und müde und litt unter Angst und Ratlosigkeit. Er zeigte sprachlich und motorisch verhaltene Erregung und mystische Wahnbildung. Die Heilung erfolgte nach wellenartigem Verlauf.

Als Narkosenachwirkung sah Seifert bei 9 Patienten zweimal Erbrechen, Schroeder sah es bei 22 % seiner Fälle. Seifert beobachtete außerdem bei 5 Patienten einen mehrere Stunden anhaltenden postnarkotischen Schlaf mit anschließender Benommenheit und Uebelkeit. Während dieses Schlafes waren die Patienten zyanotisch. Postnarkotische Erkrankungen der Atemwege wurden von

Gauß, Wieland und Hurler nicht beobachtet. Schroeder sah bei 0,3 % seiner Patienten Bronchitis und bei 0,3 % Bronchopneumonie. Embolien kamen nach Huisgen nicht vor.

Die Wirkung des Narcylens auf Kreislauf und Stoffwechsel ist ganz ähnlich wie die des Lachgases. Das Schlagvolumen des Herzens ist vergrößert, die Pulsfrequenz verringert, der Blutdruck erhöht (Gauß, Wieland, Rehn und andere). Narcylen ist gleichfalls ein Antischocknarkoticum. Die Leberfunktion ist nicht gestört, und es tritt keine Azidose auf (Leake). Bei einigen Patienten wurde etwas Zucker im Urin nachgewiesen, in 15 von 24 Fällen Acetonurie beobachtet (Gauß, Wieland).) Diese Acetonurie ist aber nicht verwertbar, weil das aus den Vorratsflaschen ausströmende Narcylen nach Lendle 30 % Aceton enthält.

Während Narcylen dem Lachgas wegen seiner stärkeren narkotischen Eigenschaften überlegen ist, besteht bei ihm der Nachteil größerer Bauchdeckenspannung. Gleich zu Beginn der Narcylennarkose setzt lebhafte aktive Ausatmung mit Spannung sämtlicher Ausatmungsmuskeln ein. Sie ist nach Gauß und Wieland die Folge zentraler Erregung durch zu hohe Narcylenkonzentrationen. Die Muskelspannung betrifft nicht nur die gesamte Ausatmungsmuskulatur einschließlich der Kehlkopfmuskeln, sondern auch Nacken-, Extremitäten- und Kiefermuskeln. Mit der Kieferspannung ist Lähmung und Zurücksinken der Zunge verbunden; dadurch trat in einigen Fällen Zyanose ein (Hurler). Sherrington faßt die Muskelspannung, die in schwächerer Form auch bei der Lachgasnarkose vorkommt, als eine „Enthirnungsstarre" auf, die durch das In-Tätigkeit-treten untergeordneter motorischer Zentren bei Ausschaltung von Hemmungszentren im Großhirn entsteht.

Um die störende Bauchdeckenspannung zu beseitigen, wendet Gauß vor der Operation die Injektion der Bauchdecken nach Crile an. Er injizierte quer zur Faserrichtung der freiliegenden Muskeln beiderseits 3—4 ccm einer 0,5 %-igen Novocain-Adrenalinlösung und konnte mit diesem Verfahren 97,5 % aller Laparotomien durchführen.

Der zweite Nachteil des Narcylens im Vergleich zum

Lachgas ist seine Explosivität. Narcylen-Sauerstoff ist nach Sudeck eines der explosivsten Gemische der Technik, eine Ansicht, die durch die Untersuchungen Killians über die Explosionsbereiche der verschiedenen Gase bestätigt wird: Ein Acetylen-Luftgemisch mit einem Acetylengehalt von 80—25 % ergab bei Entzündung Entflammung und Verrußung, mit einem Acetylengehalt von 20—5 % Explosion. Ein Acetylen-Sauerstoffgemisch mit einem Acetylengehalt über 85 % ergab Entflammung und Verrußung, mit einem Acetylengehalt zwischen 85 % und 2,5 % heftige Explosion. Bei 70 % wurde der Apparat zertrümmert. Geringe Temperaturerhöhung und Aetherzusatz verschieben die Explosionsbereiche nicht.

Im Anschluß an verschiedene Explosionen (Barmbecker Krankenhaus / Hamburg im Oktober 1925, Krankenhaus St. Georg / Hamburg im Februar 1926) sind ausführliche Untersuchungen über Entstehung und Vermeidung der Entzündungen angestellt worden. Verwendet wurde der Apparat Gauß-Wieland-Draeger. Bei der älteren Form dieses Apparates strömt das Narcylen aus der Bombe durch ein Reduzierventil, das den Druck von 15—18 Atmosphären auf 0,1—0,7 Atmosphäre reduziert, und durch eine Waschflasche (Befreiung vom Aceton) zum Dosimeter, wo die Mischung mit Sauerstoff stattfindet. Das Gemisch strömt über eine zweite Waschflasche und einen Vierwegehahn zum Sparbeutel und von da zur Maske. In der Bombe, die bei 17 Grad Temperatur und 15 Atmosphären Druck 6 cbm faßt, befindet sich das Narcylen, in Aceton gelöst, in den kapillären Hohlräumen einer zementartigen, porösen Masse (Agamasse). Selbst bei stärkster Zündung im Innern kann sich die Entzündung in den Kapillarräumen nicht ausbreiten (Wienecke). Am größten ist die Explosionsgefahr nach Wienecke beim Austritt des Gases aus der Maske, und zwar in einem Umkreis von 50 cm. Verwendet man die Sudeck'sche Kreisatmung, so wird der gefährdete Umkreis auf 10 cm eingeschränkt. Eine Explosion, die in oder in Nähe der Maske stattfindet, kann sich nicht unbesrßnkt rückwärts in den Apparat hinein fortpflanzen, weil eine Reihe von Barrieren, wie Rückschlagventil vor dem Sparbeutel, Waschflasche und die Düsen von Volumdosimeter

und Reduzierventil, die Ausbreitung hindern. Bei einer in der Münchner Frauenklinik (Hurler) beobachteten Explosion fand die Ausbreitung rückwärts gerechnet in der ersten Waschflasche hinter dem Sparbeutel ihr Ende.

Die Explosionsursachen wurden durch die Physikalisch-technische Reichsanstalt (Ritter, Rimarski) in Zusammenarbeit mit der Würzburger Universitätsfrauenklinik (Gauß), dem Pharmakologischen Institut in Heidelberg und den Firmen Draeger, Lübeck und C. H. Böhringer, Niederingelheim untersucht. Nach dem Ergebnis dieser Untersuchungen lassen sich die Explosionen ursächlich in drei Gruppen zusammenfassen (Wienecke, Schroeder).

In einem Fall wurde bei einer Laparotomie ein Thermokauter verwendet. Die Entzündung erfolgte wahrscheinlich durch die Funken, die an den Schleifkontakten des Pantostaten entstehen.

Bei drei Fällen waren in das Narcylenventil zur Geruchsverbesserung Filzscheiben eingepaßt worden, die mit Latschenöl getränkt waren. Ein Teil des Oels hatte den Apparat verunreinigt. Der Sauerstoffstrahl traf mit ziemlichem Druck auf dieses Oel, welches zerstäubte, oxydierte und sich entzündete. Einer dieser Fälle sei hier angeführt (nach Laesecke):

Der Apparat war auf ein Gasgemisch von 80 % Narcylen und 20 % Sauerstoff eingestellt und so bei geschlossenem Rückatmer 25 Minuten in Betrieb. Danach wurde die Narcylenleitung geschlossen und die Sauerstoffleitung bei gleichzeitiger völliger Oeffnung des Rückatmungsventils und Erhöhung der Gaszufuhr von 6 auf 12 Liter ganz geöffnet. In diesem Augenblick erfolgte die Explosion. Der Patient starb nach $4^1/_2$ Stunden. Die Sektion ergab Abriß der Schleimhaut am rechten Unterkieferast mit Zerreißung eines Astes der arteria maxillaris interna, Risse und Blutungen in der Schleimhaut des Schlundes, des Kehldeckels und der Speiseröhre. Außerdem fanden sich subpleurale Blutungen und äußerste Erweiterung der Lungenalveolen mit teilweiser Zerstörung ihrer Wände.

In einem fünften Fall wurde die Explosion auf Entladung statischer Elektrizität zurückgeführt: Die mit hohem

Druck aus den Flaschen strömenden Gase nehmen in den Reduzierventilen Elektrizität auf, die zum Teil an die Rohrwand abgegeben, zum Teil aber mitgeführt und an die isolierten Teile des Apparates abgegeben wird, die sich dann mit kräftigem Funken entladen. Feuchte und unreine Gase laden sich stärker auf als trockene und staubfreie.

Weiterhin hätte nach Ritter und Rimarski als Explosionsursache noch die Erhitzung von Schwefeleisen durch darübergeleiteten Sauerstoff in Frage kommen können. Die Bildung von Schwefeleisen ist möglich, wenn schwefelhaltiges Schmieröl verwendet oder Schwefel aus Gummiverbindungen durch Aceton ausgezogen wird. Die Entzündung von Phosphorwasserstoff ist als Explosionsursache auszuschließen, da das zu Narkosezwecken verwendete Narcylen davon befreit ist.

Nach Abschluß der Untersuchungen über die Explosionsursachen bemühte man sich, alle Entzündungsmöglichkeiten auszuschalten. Der Gebrauch des Thermokauters und die Verwendung von Schmiermitteln aller Art — Fett, Oel und Glyzerin — wurde untersagt, der Narkoseapparat geändert. Bei der Neukonstruktion vereinigen sich die beiden Gase Narcylen und Sauerstoff nicht mehr im Dosimeter, sondern erst im Sparbeutel zu dem explosiven Gemisch. Als Trockenabsorptionsmittel für Aceton wurde aktive Kohle eingeführt, um die bei der Verwendung von Wasser als Absorptionsmittel bestehende Gefahr der Metalloxydation und Düsenverschmutzung zu umgehen. Um auch die elektrische Aufladung der Gase zu vermeiden, wurden hinter den Reduzierventilen Patronen mit Metallkörpern eingeschaltet, an welche die Gase beim Vorbeistreichen ihre Ladung abgeben.

Nach diesen Maßnahmen halten Gauß, Oehlecker, Ringel, Kappis, Huisgen, und Mallebrein jede Explosionsgefahr für beseitigt. Andere Autoren betonen, daß „die Gefahr (der Explosion)) weniger in der Konstruktion des Apparates, als in der Gasart selbst liege" (Killian, Bergel, Breusch). „Es bleibt trotz technischer Gegenmaßnahmen das unangenehme Bewußtsein, es mit einem der explosivsten Gemische zu tun zu haben, mit denen die Technik arbeitet" (Sudeck).

Narkoseapparate und Anwendungstechnik.

Außer dem schon besprochenen Apparat von Gauß-Wieland-Draeger wird der Narkoseapparat von

Gwathmey, und zwar in gleicher Form wie bei der Lachgasnarkose verwendet, weiterhin der Apparat von Franken-Eschbaum und das Universalnarkosimeter von Killian-Haertel.

Zu dem Apparat von Gauß und Wieland ist nachzutragen, daß eine besondere Sauerstoffleitung vorhanden ist, die den zuzusetzenden Aether aus einem Gefäß mitreißt.

Bei dem Apparat von Gwathmey strömen die Gase aus vier Flaschen (je zwei für Narcylen und Sauerstoff) und mischen sich in der Wasservorlage. Diese frühzeitige Gasmischung ist ein Nachteil, da mit ihr zugleich die Explosionsgefahr einsetzt (Franken). Beim Apparat Franken-Eschbaum erfolgt die Gasmischung deshalb erst im Sparbeutel. Vorher strömt das Narcylen nach Verlassen der Bombe über Kohlepatrone und Wassermanometer, an dem die Literzahl des vorbeistreichenden Gases abgelesen werden kann, zu einer Wasservorlage. Der Apparat besitzt eine Aetherzusatz- und Ueberdruckeinrichtung.

Der Apparat von Killian trägt den Namen Universalnarkosimeter, weil gleichzeitig vier Gase gegeben werden können. Aetherzusatz- und Ueberdruckeinrichtung sind vorhanden. Ein Wasserdosimeter steht neben dem Operationstisch, die Gasflaschen befinden sich außerhalb des Raumes.

Die Anwendungstechnik ist nach Gauß und Wieland folgendermaßen: Der Patient bekommt als Vorbereitung zur psychischen Beruhigung 0,02—0,04 g Laudanon und zur Verhinderung der Salivation 1—2mal 0,0003 g Skopolamin. Die Maske wird genau angepaßt, damit keine Nebenluft hereindringt. Die Narkose wird gleich mit hohen Narcylenkonzentrationen (60 % + 40 % Sauerstoff) begonnen. Nach einer Minute steigt man auf 70 % Narcylen, nach zwei Minuten geht man wieder auf 60 % zurück und bleibt bis zum Bewußtseinsschwund bei dieser Konzentration. Später fällt man alle 5 Minuten um 5 %, bis die optimale Konzentration, bei der Bewußtsein und Schmerzreaktion verloren und ausreichende Muskelentspannung vorhanden ist, erreicht wird. Beginnt der Patient während der Operation aufzuwachen, so steigert man die Konzentra-

tion vorübergehend auf 70 %. Bei länger dauernden Operationen kann man unter Beibehaltung idealer Bauchdeckenentspannung auf einen Narcylengehalt von 30—20 % heruntergehen. Ist der Maskenabschluß undicht, so müssen höhere Konzentrationen gewählt werden.

Ege und Huisgen beginnen die Narkose mit 80 % Narcylen und gehen später auf 60—50 % herunter, Leake und Hertzman erreichten eine völlig zufriedenstellende Narkosetiefe mit einem Gemisch von 50 % Narcylen + 50 % Sauerstoff.

Die Narkosedauer betrug bei Huisgen bis zu $1^1/_2$ Stunden, bei Gauß und Wieland von 3 Minuten bis 3 Stunden und 16 Minuten. Schroeder berichtet von stundenlangen Narkosen, die ohne Schaden vertragen wurden.

Anwendungsbereich.

Die Narcylennarkose ist ungeeignet bei allen Herz- und Gefäßkrankheiten, die mit Blutdrucksteigerung einhergehen (Sudeck) und — wegen der Kaumuskelspannung — bei Operationen in der Mundhöhle. Bei Bauchoperationen ist die Anwendung wegen der häufig auftretenden Bauchdeckenspannung erschwert. Sudeck konnte Opperationen an Appendix, Magen und Adnexen in Narcylennarkose durchführen, Ringel brauchte bei zahlreichen Bauchhöhlenoperationen nur in Ausnahmefällen Aether zuzugeben. Für alle anderen Operationen, besonders für Eingriffe an den Extremitäten, ist die Narcylennarkose sehr geeignet.

In der Geburtshilfe wird Narcylen ebenso wie Lachgas während der Austreibungsperiode zur Linderung des Wehenschmerzes gegeben. Beim Durchschneiden des kindlichen Kopfes kann man im Gegensatz zum Lachgas ohne Gefahr für das Kind bis zur völligen Schmerzaufhebung narkotisieren. Hurler berichtet, daß in 19 von 20 Fällen, bei denen Narkose gegeben werden mußte, die Kinder sofort geschrien haben. Praktisch wird so vorgegangen, daß beim Einsetzen der schmerzhaften Preßwehen die Patientin durch ein Gemisch von 30 % Narcylen + 70 % Sauerstoff in Dämmerschlaf versetzt wird, der ein Mitpressen ge-

gestattet. Beim Durchtritt des kindlichen Kopfes (oder wenn operativ eingegriffen wird) geht man mit 70—80 % Narcylen zur Vollnarkose über (Mallebrein). Die Funktion des Uterus wird günstig beeinflußt, die Lösung der Plazenta erfolgte im Durchschnitt bereits nach 12 Minuten. Eklampsie bedeutet eine Kontraindikation für die Anwendung des Narcylens, da in 50 % der Fälle die Anfälle verstärkt auftraten.

Bei gynaekologischen Operationen konnte Hurler von 220 Narcylennarkosen 205 ohne Aetherzusatz zu Ende führen. 12 % waren wegen starker Bauchdeckenspannung Versager. Beckenuntersuchungen, die völlige Entspannung verlangen, waren überhaupt nicht möglich.

Todesfälle.

Die Todesfälle in Lachgasnarkose erfolgen in der Regel unter typischen Kennzeichen wie Zyanose und Asphyxie. Da solche bei der Narcylennarkose fehlen, läßt sich nur durch Vergleich mit dem Verlaufe von Aether- und anderen Narkosen in gleichgearteten Fällen ein Schluß auf die Sterblichkeit ziehen.

Hurler berichtet von einem Todesfall während einer Interruptio bei Pulmonalstenose und Zyanose in extremis, der nach seiner Meinung nicht dem Narcylen zur Last gelegt werden kann. Ege erlebte unter 540 Narkosen einen Todesfall bei einem 75jährigen Patienten mit eingeklemmter Leistenhernie und schlechtem Allgemeinzustand, Seifert einen solchen bei einem 30jährigen Mann, bei dem wegen eines seit acht Jahren bestehenden linksseitigen Pleuraempyems eine Thorakoplastik gemacht wurde. Im Anschluß an die 80 Minuten dauernde Operation trat Kreislaufschwäche und Herztod ein. Die Obduktion ergab eine schlaffe und blasse Herzmuskulatur und Fragmentatio cordis.

Gauß berechnet in seiner oben erwähnten Statistik die Narkosesterblichkeit bei Verwendung von Narcylen auf nur einen Todesfall bei 25 000 Narkosen gegenüber einer Sterblichkeit von 1 auf 3929 bei Verwendung von reinem Lachgas und 1 auf 2703 bei Verwendung einer Lachgas-Aetherkombination.

Das Aethylen.

Die Aethylennarkose hat eine fast ebenso lange Geschichte wie die Lachgasnarkose. Thomas Nunnely, Chirurg in Leeds, machte 1849 die ersten Versuche mit Aethylen, und zwar mit wenig günstigem Ergebnis. Nach seiner Meinung ist gewöhnliches Kohlenoxyd für Narkosezwecke besser und billiger. Er empfahl aber das Aethylendichlorid, auch „Holländisches Oel" genannt, und benutzte es selbst bei Operationen.

Der Physiologe Hermann bezeichnete 1864 die Wirkung des Aethylens als „schwach berauschend". Er machte Selbstversuche mit dem Gas und fiel 1874 einem solchen beinahe zum Opfer, weil dem zugeführten Aethylen Kohlenoxyd beigemischt war. 1885 gelang es Luerssen, mit 80 % gereinigtem Aethylen zwei Hunde und ein Meerschweinchen zu narkotisieren. Im Selbstversuch beobachtete er nur ein Schwächegefühl in Armen und Beinen. Unangenehme Zwischenfälle beim Gebrauch einer 75 %igen Mischung führte Luerssen auf Kohlenoxydbeimischung zurück. 1918 begannen Luckhardt und Thompson ohne Kenntnis früherer Arbeiten die betäubenden Eigenschaften des Aethylens zu studieren. Luckhardt veröffentlichte seine Ergebnisse 1923 und führte dadurch das Aethylen in die Narkosepraxis ein.

Chemische und physikalische Eigenschaften.

Aethylen hat die Konstitutionsformel $H_2C{=}CH_2$. Es ist ein farbloses, nicht sehr reaktionsfähiges Gas, das mit leuchtender Flamme brennt und mit Sauerstoff ein hochexplosives Gemisch bildet (Christiansen). Bei gewöhnlichen Druck- und Temperaturverhältnissen hat es einen eigentümlichen ätherischen Geruch, der von manchen als unangenehm empfunden wird (Rütz). Als Alkoholderivat ist Aethylen fettlöslich. Bei 10 Grad Celsius und einem Druck von 60 Atmosphären wird es verflüssigt. Aethylen bildet mit Brom Aethylenbromid und löst sich in Bromwasser so vollständig, daß diese Eigenschaft zur quantitativen Bestimmung benutzt werden kann (Luckhardt).

In der Technik wird Aethylen bei der Reinigung rohen Oels und bei der Destillation vieler organischer Substanzen gebildet. Es findet sich zu 4—22 % im Leuchtgas und im Auspuffgas von Gasolinmotoren. Verwendet wird es zu Beleuchtungs- und Heizzwecken und zum Schweißen.

Die Darstellung des Aethylens erfolgt mit Hilfe von absolutem Aethylalkohol und heißer Schwefel- oder Orthophosphorsäure; dabei bildet sich durch Abspaltung eines Moleküls Wasser Aethylen (Christiansen):

$$C_2H_5OH + \text{erhitzte } H_3PO_4 = C_2H_4 + H_2O.$$

Praktisch geschieht die Herstellung so, daß man absoluten Alkohol langsam in eine 500-ccm-Flasche einfließen läßt, die bei einer Temperatur von 210—230 Grad 100—150 ccm Orthophosphorsäure enthält. Das freiwerdende Aethylen strömt durch eine leere Waschflasche, wo das überdestillierte Wasser zurückbleibt, und durch vier Flaschen mit Natronlauge, die die Kohlensäure absorbieren (Luckhardt, Carter). Hempel läßt das Gas außerdem durch konzentrierte Schwefelsäure und durch Kupfersulfatlösung streichen, um es von Aldehyd und beigemischtem Phosphin zu befreien. Da für Aethylen kein Reinheitsstandard besteht, kommen teilweise sehr unreine, durch stechenden Geruch auffallende Fabrikate in den Handel, die außer Phosphin noch Kohlenoxyd enthalten.

Die Herstellung des Aethylens in Deutschland ist schwierig und sehr teuer, so daß sie nach Rütz praktisch nicht in Frage kommt.

Wirkungsweise des Aethylens.

Aethylen reizt weder die Mund-, Luftröhren- oder Bronchialschleimhaut noch das Lungenparenchym. Bestehende Lungentuberkulose, akute Bronchitis oder Emphysem werden nicht verschlechtert (Luckhardt, Heaney).

Die Atmung während der Aethylennarkose ist bei ausreichender Sauerstoffzufuhr „bemerkenswert konstant in Tiefe und Frequenz" (Leake, Hertzman). In Bezug auf Zahl und Tiefe der Atemzüge ähnelt die Aethylen-Narkose nach Luckhardt viel mehr als andere Narkosen dem normalen Schlaf. Wird im Tierversuch reines Aethylen verabreicht, so tritt nach einer Periode verstärkter Aktivi-

tät Lähmung des Atemzentrums ein, während das Herz langsam aber regelmäßig und kräftig weiterschlägt.

Der Blutdruck kann während einer langen und tiefen Aethylennarkose um 10—15 Millimeter Quecksilber sinken (Luckhardt, Christiansen), die Ursache ist vielleicht Gefäßerweiterung und leichte Reizung des Herzhemmungszentrums. Rehn berichtet allerdings von einer Vergrößerung des Schlagvolumens, Steigerung des Blutdrucks und Herabsetzung der Schockbereitschaft. Beschleunigung des Pulses wurde von Leake, Luckhardt, Hertzman und Carter nur in den ersten Minuten der Narkose beobachtet.

Schweißausbruch und Salivation treten in Aethylennarkose gewöhnlich nicht auf. Nur bei muskulösen oder anaemischen Patienten beobachtete Christiansen zuweilen stärkere Sekretion der Schweißdrüsen, im allgemeinen war die Haut der Patienten warm und trocken.

Der neuromuskuläre Magen-Darmapparat wird nach Luckhardt wenig beeinflußt. Die Peristaltik ist lebhaft, postnarkotische Blähungen treten nur in 4,2 % der Fälle auf (bei Aether 36,6 %). Nach Heaney sind Blähungen nicht häufiger als nach Bauchoperationen in Lokalanaesthesie.

Aethylen hat gegenüber dem Lachgas den Vorzug stärkerer und schnellerer Wirksamkeit. Die Narkose tritt bedeutend rascher ein, und zwar — wie Luckhardt und Carter im Tierversuch festgestellt haben — bei Verwendung gleicher Konzentrationen in der Hälfte der Zeit, Die Dauer des Einleitungsstadiums schwankt je nach Art des Patienten: Die Phlegmatischen zeigen manchmal innerhalb von 30 Sekunden Zeichen von Betäubung, drei bis vier Atemzüge genügen zur tiefen Narkose, bei nervösen und erregten Patienten dauert es 60—70 Sekunden. Leake und Hertzman beobachteten Analgesie nach 1—2 Minuten und Anaesthesie innerhalb von 3 Minuten. Heaney erreichte häufig schon nach zwei Atemzügen Analgesie. Dabei handelte es sich allerdings um weibliche, das heißt leicht narkotisierbare Patienten.

Im Einleitungsstadium der Aethylennarkose sind die Patellarreflexe verstärkt und die Pupillen erweitert. Bei den

ersten Atemzügen stellt sich oft reflektorisches Schlucken ein (Luckhardt, Carter). Nach der vierten Inhalation einer 80 %igen Mischung schwindet der Schluckreflex und der Geruchssinn, anschließend wird der Patient bewußtlos. Er macht einen ruhigen und zufriedenen Eindruck. Exzitation ist seltener als beim Lachgas (Heaney, Christiansen). In tiefer Narkose schwinden sämtliche Reflexe. Die Pupillen sind stecknadelkopfgroß und reagieren in der Regel nicht auf Licht.

Die Ausscheidung des Aethylens erfolgt rasch, Versuchstiere erholten sich nach einstündiger Narkose innerhalb einer Zeit von 3—5 Minuten (Brown). Nach Rütz sind Aethylenspuren noch nach zwei Tagen in der Ausatmungsluft der Patienten nachweisbar. Die Ausscheidung erfolgt vorwiegend durch die Lungen, zum kleinen Teil vielleicht durch den Darmtrakt. Luckhardt beobachtete 2—4 Stunden nach der Narkose Aufstoßen mit Aethylen.

Als Nachwirkung der Aethylennarkose tritt in den ersten drei Stunden bei 30 % der Patienten Erbrechen auf, besonders nach Bauchoperationen. Dieses Erbrechen braucht nicht dem Aethylen zur Last gelegt zu werden, es kann auch durch Morphinvorbehandlung oder durch Verunreinigungen verursacht sein (Luckhardt). Postoperative Bronchitis, Bronchopneumonie und postoperativer Lähmungsileus sind selten (Widenhorn).

Wie bei der Lachnarkose, so besteht auch bei der Aethylennarkose die Gefahr des Sauerstoffmangels, nur spielt sie hier keine ganz so große Rolle (Leake). Die Aethylennarkose kann mit einem Sauerstoffgehalt von 10 bis 15 % eingeleitet und mit 15—20 % aufrecht erhalten werden. Wenn Zyanose und Asphyxie des Patienten vermieden werden sollen, so muß Aethylen in gleicher Weise wie Lachgas mit anderen Narkoticis kombiniert werden. Diese Kombination geschieht entweder durch Vorbehandlung mit Alkaloiden oder durch Zusatz anderer Inhalationsnarkotica während der Narkose.

Bei Vorbehandlung mit Morphium (bei Erwachsenen) oder Codein (bei Kindern) wird mit Aethylen dieselbe Narkosetiefe erreicht wie mit Aether (Luckhardt). Wallace, Pellini und Luckhardt untersuchten die Wir-

kungsweise der Vorbehandlung im Tierversuch und kamen zu dem Ergebnis,

daß die Narkose schneller eintritt und weniger Narkoticum gebraucht wird,
daß die Narkose sicherer und
daß Exzitation seltener wird.

Nach Crile ist bei Anwendung von Morphium die Blutazidität nicht so ausgesprochen als ohne Vorbehandlung; Morphium hemmt nicht die Rückkehr zur normalen Blutreaktion. Ist als Folge der Narkose schon Azidose aufgetreten, so verzögert Morphium die Neutralisation.

Nach Luckhardt werden die Morphiumdosen (3× 0,008 g) in 2 ccm einer 25 %igen sterilen Magnesiumsulfatlösung verabreicht. Die erste Dosis wird $1^1/_2$ Stunden vor der Operation gegeben, die zweite und dritte nach je 20 Minuten Zwischenraum. Der zweiten Dosis wird 0,0004 bis 0,0006 g Atropin zugesetzt. Bei einer anderen Art der Vorbereitung wird 0,65—0,97 g Chloreton oral oder rektal und 0,016 g Morphium subkutan gegeben.

Die Kombination von Aethylen und Aether wird in erster Linie bei den Patienten angewendet, deren Bauchdeckenentspannung ungenügend ist.

Luckhardt verwendet im klinischen Betrieb Aethylen mit Lachgas zusammen. Er gibt Aethylen, wenn die Entspannung mangelhaft ist, und Lachgas, wenn die Narkose zu tief ist. Das Mischungsverhältnis beträgt 2 Teile Sauerstoff auf 4 Teile Aethylen oder 6 Teile Lachgas, bei Kombination beider Gase kommen 2 Teile Sauerstoff auf 2 Teile Aethylen und 3 Teile Lachgas. Dieses Verfahren gewährt nach Luckhardt eine Elastizität in der Anwendung, wie sie vorher nicht möglich war.

Ueberdruck kann bei Bedarf auch bei Aethylen angewendet werden (Christiansen).

Wie Aethylen mit dem Lachgas die Gefahr des Sauerstoffmangels gemeinsam hat, so hat es mit dem Narcylen gemeinsam den Nachteil der Explosivität. Nach den oben erwähnten Untersuchungen Killians gibt Aethylen mit Sauerstoff bei einem Aethylengehalt von 2,5—5 % Entflammung und Verrußung, bei einem Aethylengehalt von 10—55 % schwache Explosion und bei 60—70 % wieder

Verrußung und Entflammung. Ueber die Explosionsmöglichkeit bei der praktischen Verwendung hat Brown Untersuchungen angestellt, dessen Zahlen teilweise etwas von denen Killians abweichen. Nach seinen Ergebnissen ist zur Explosion ein Minimum von 40—45 % Sauerstoff nötig, steigt die Gefahr mit wachsendem Sauerstoffgehalt und ist sie am größten bei einem Verhältnis von 3 Teilen Sauerstoff auf 1 Teil Aethylen.

Brown hat auch den Ort der Entzündung zu bestimmen versucht und hat festgestellt, daß eine solche unmöglich ist, so lange sich das Aethylen komprimiert in der Bombe oder auf dem Wege von der Bombe zur Mischkammer befindet. Die Explosionsgefahr setzt ein, wenn sich in der Mischkammer Aethylen mit Sauerstoff mischt. Die Ursache der Entzündung kann die Entladung statischer Elektrizität sein, die sich beim Strömen des Gases durch enge Oeffnungen bildet. Da die Entzündung durch Erdung des Gasbehälters und Herstellung einer leitenden Verbindung bis zur Maske vermieden wird, empfiehlt Luckhardt, bei allen Apparaten die zuführenden Gummischläuche durch biegsame Metallrohre zu ersetzen und die Innenfläche der Gummi- oder Zelloidmaske mit einem Drahtnetz auszukleiden.

Wenn das Gasgemisch aus der Maske ins Freie gelangt ist, hält Brown die Explosionsgefahr für unwesentlich. Eine Narkose müsse 6 Stunden dauern, ehe in einem normalgroßen Operationssaal die zur Explosion notwendige Konzentration von 5 10 % Aethylen erreicht sei. Luckhardt teilt diese Ansicht nicht. Er vermeidet bei der Aethylennarkose die Anwendung einer offenen Flamme oder eines funkenbildenden Apparates, er stellt bei Kauterisationen den Pantostaten außerhalb des Operationsraumes auf und führt die Elektroden durch zwei Löcher in der Wand zum Operationstisch. Nach Heaney ist die Explosionsgefahr bei unterbrochener Verabreichung des Gases — wie zum Beispiel in der Geburtshilfe — größer als bei fortlaufender, da infolge der Berührung der Apparatteile untereinander und mit dem Operationspersonal die Möglichkeit statischer Entzündung häufiger gegeben ist.

Anwendungstechnik und Anwendungsbereich.

Ueber die Narkoseapparate bleibt nach den Ausführungen im Lachgas- und Narcylenkapitel nichts Wesentliches zu sagen.

Zu Beginn der Narkose mußten Luckhardt und Carter durchschnittlich 90 % Aethylen verabreichen. In manchen Fällen brauchten sie 90—95 %, in anderen genügten 77 %. Leake gab im Einleitungsstadium 85—90 %, später 80—85% Aethylen. Heaney konnte bei ausschließlich weiblichen Patienten in manchen Narkosen auf 50 % Aethylen heruntergehen. Aethylen ist wirksamer als Lachgas, seine Anwendung erfordert nach Luckhardt weniger Gewandtheit, Erfahrung und Aufmerksamkeit. Die Verabreichung von reinem Aethylen ohne Sauerstoffbeimischung soll vermieden werden, weil sie gefährlich ist und leicht Exzitation hervorruft.

Kontraindikationen für die Anwendung des Aethylens gibt es nach Luckhardt und Carter nicht, sie benutzten es mit gutem Erfolg bei Patienten aller Altersstufen zwischen 10 und 64 Jahren. Alle Eingriffe der großen Chirurgie an Kopf, Thorax, Bauch und Extremitäten können ausgeführt werden, ohne Rücksicht darauf, ob es sich um sonst gesunde, um heruntergekommene oder um alte Leute mit pathologischem Lungen-, Herz-, Gefäß- oder Nierenbefund handelt. Auch in Fällen, wo Lachgas nicht angezeigt ist, kann es angewendet werden: Bei fortgeschrittener Arteriosklerose, bei hohem zerebralen Blutdruck, bei Gehirnoperationen, bei Schnupfen und Bronchitis, Lungenemphysem und Lungentuberkulose.

Die vorbehaltlose Anwendungsmöglichkeit des Aethylens hat sich nach Luckhardt und Kretschmer besonders in der Urogenitalchirurgie als vorteilhaft erwiesen, weil in diesem Fachgebiet die Patienten meist mit Altersveränderungen wie Störung der Nierenfunktion, Arteriosklerose, hoher Blutdruck, Myokarditis, Koronarsklerose, Bronchitis oder Emphysem belastet sind. Bei allen notwendigen Eingriffen (zystoskopische Untersuchungen, Uretherenkatheterismus, Elektrokauterisation, Spicken der Prostata mit Radiumnadeln, Operation von Blasensteinen)

hat sich das Aethylen als eine „Quelle der Befriedigung" (source of gratification) gezeigt.

In der Geburtshilfe hat Heaney die Aethylennarkose bei 215 Patientinnen mit durchaus befriedigendem Erfolg angewendet. Sie hat nach seiner Meinung für das geburtshilfliche Arbeiten unter den anderen Narkoticis nicht ihresgleichen. Angewandt wird Aethylen in gleicher Weise wie Lachgas: Während der Austreibungsperiode werden die Schmerzen nur gemildert (Anwendung einmal 9 Stunden lang!), beim Durchschneiden des kindlichen Kopfes aber durch Vollnarkose aufgehoben. Heaney gibt sicherheitshalber einen Aetherzusatz. Diejenigen Patientinnen, die sowohl Lachgas als auch Aethylen kennen lernten, ziehen letzteres vor. Die Wehentätigkeit des Uterus wird durch Aethylen ebensowenig verschlechtert wie durch Lachgas, die Uterusblutung ist etwas stärker. Die Herztöne des Kindes werden nicht beeinflußt, und das Kind atmet sofort nach der Geburt. Auch geburtshilfliche Operationen (Kaiserschnitt, Zange, Wendung und Extraktion, manuelle Lösung) konnten zufriedenstellend ausgeführt werden.

Für gynaekologische Beckenuntersuchungen kann Aethylen nach Heaney „nicht warm genug empfohlen werden", da es die ausreichend entspannende Wirkung des Aethers mit der raschen Erholung nach Lachgas verbindet. Vaginale Operationen konnten meist mit Aethylen-Sauerstoff allein durchgeführt werden, bei Laparotomien war häufig Aetherzusatz notwendig.

Lundy benutzte die Aethylennarkose bei Kindern. Er berichtet von vier Patienten im Alter von 16 Tagen bis vier Wochen, die wegen Pylorusverschluß operiert wurden. Bei drei Kindern verlief die Narkose ohne Störung, ein 25 Tage alter Junge kam nach der Operation unter Schockerscheinungen ad exitum, nachdem ein Atemstillstand während der Narkose durch Zuführung von reinem Sauerstoff hatte behoben werden können. Während bei den anderen drei Kindern die Sauerstoffzufuhr auf 10 bis 15 % eingestellt gewesen war, hatte dieser Junge während der Narkose nur 5 % Sauerstoff bekommen.

Ein unbefriedigender Narkoseverlauf ist genau wie bei

Verwendung von Lachgas häufig die Folge einer unzureichenden Narkosetechnik. Luckhardt beobachtete unter 700 Narkosen 7 Versager, deren Ursache in 6 Fällen unzureichende Bauchdeckenentspannung war. Bei dem 7. Patienten — einem Manne mittleren Alters, bei dem zu zystoskopischen Zwecken zweimal vergeblich eine Lachgasnarkose versucht worden war — mußte wegen zu großer Unruhe die Aethylennarkose abgebrochen und zu Aether übergegangen werden. In diesem Fall muß das Versagen nicht auf einen technischen Fehler, sondern auf mangelhafte Eignung des Patienten für die Gasnarkose überhaupt zurückgeführt werden.

Vergleich der drei Gase Lachgas, Narcylen und Aethylen.

Aethylen hat mit Narcylen den Nachteil der Explosivität gemeinsam, mit Lachgas den Nachteil der Asphyxiegefahr. Seine Vorzüge gegenüber dem Lachgas sind stärkere narkotische Wirksamkeit und bessere Bauchdeckenentspannung. In Deutschland kommt seine praktische Verwendung in größerem Maßstabe wegen des hohen Preises nicht in Frage.

Es handelt sich also hauptsächlich um eine vergleichende Betrachtung von Lachgas und Narcylen. An Nachteilen steht bei der Lachgasnarkose die Asphyxiegefahr, bei der Narcylennarkose die Explosivität im Vordergrunde, zwei Eigenschaften, die auf so verschiedenem Gebiet liegen, daß sie sich nach Sudeck „quantitaviv überhaupt nicht gegeneinander abwiegen lassen". Narcylen hat den Vorteil der stärkeren narkotischen Wirksamkeit, Lachgas den der besseren Bauchdeckenentspannung und der Geruchlosigkeit. Berücksichtigt man die Bedeutung richtiger Indikationsstellung und Technik für den Erfolg einer Narkose, so wird die Entscheidung für eines der beiden Narkotica beinahe unmöglich gemacht. Nach Sudeck ist das einzige Kriterium, das für die Beurteilung der beiden Narkosearten entscheidend wäre, die Prozentzahl erfolgreich durchgeführter Operationen. Zur Entscheidung dieser Frage ist aber ein weit größeres Erfahrungsmaterial notwendig, als heute zur Verfügung steht.

II. Teil: Die Erfahrungen, die an der Chirurgischen Universitätsklinik der Charité mit der Lachgasnarkose gemacht wurden.

Im März des Jahres 1931 berichtete Hartmann im Zentralblatt für Chirurgie (Nr. 13) über die ersten Erfahrungen, die im Laufe von 15 Monaten an der Chirurgischen Universitätsklinik der Charité mit der Lachgasnarkose gemacht worden waren. Wir haben alle Operationen, bei denen seitdam die Lachgasnarkose verwendet wurde, zusammengestellt und wollen im Folgenden über die Ergebnisse kurz berichten.

In der Zeit vom 1. März 1931 bis 30. September 1935 sind von 11306 Operationen insgesamt 1207, das heißt 10,6 % in Lachgasnarkose ausgeführt worden. Man hielt sich dabei an die schon früher aufgestellte Forderung, daß für die Anwendung des Lachgases ein strenger Indikationsplan zu gelten habe, nach welchem die Wahl des Narkosemittels sowohl vom Gesamtzustande des Patienten als auch von der Art des vorzunehmenden Eingriffs abhängt. Wir haben schon im ersten Teil dieser Arbeit ausgeführt, daß Patienten in schlechtem Allgemeinzustande, die „bad risks", für die Lachgasnarkose besonders geeignet sind. An dieser Stelle wollen wir die verschiedenen Eingriffe unter dem Gesichtspunkt ihrer Eignung für die Lachgasnarkose zusammenstellen.

An erster Stelle stehen die Operationen an Mammae und Extremitäten. Von 283 Mammaoperationen (23,4 % der Gesamtlachgasnarkosen) entfallen auf

Ablationen	227,
Plastiken	33,
Exzisionen	23 Fälle.

Die 276 Extremitätenoperationen (22,8 %) verteilen sich auf

Amputationen	71,
Plastiken	61,
Tumorexstirpationen	28,
Blutige Repositionen und Naht von Frakturen	27,
Gelenkoperationen	25,
Osteotomien	16,
Verschiedenes	39.

Die plastischen Operationen zerfallen in solche an Haut, Fettgewebe, Faszien, Sehnen, Gelenken, Knochen; außerdem gehören dazu die Bildung von Muskelkanälen und ein Fall einer Umkipplastik. Unter den blutigen Repositionen befinden sich auch einige Pseudarthrosenaufsplitterungen. Die Rubrik „Verschiedenes" endlich umfaßt alle anderen Operationen: Venenligaturen, Ekthyma- und Geschwürsexzisionen, Abszeß- und Fistelspaltungen, Nervenfreilegung und -naht etc.

Das Durchschnittsalter der Operierten war bei den Mammaoperationen 45,2, bei den Extremitätenoperationen 35,5 Jahre.

Günstig für die Anwendung des Lachgases sind weiterhin die Eingriffe an Nieren, Harnwegen und Geschlechtsorganen. Das Material umfaßt hier 262 Fälle (21,7 %). Sie gliedern sich folgendermaßen:

Operationen an der Niere (Nephrektomie, Nephrotomie, Tumorexstirpation, Dekapsulation, Probefreilegung, Eröffnung eines paranephritischen Abszesses etc.)	122,
an Nierenbecken und Ureter	83,
an der Harnblase (Cystostomie, Resektion, Plastik, Abszeßeröffnung)	21,
an der Prostata (Prostatektomie, Radiumspickung)	23,
an Hoden, Scrotum und Urethra	9,
an den weiblichen Genitalien (Uterusexstirpation, Exstirpation eines Vulvacarc.)	4,

Das Durchschnittsalter der Operierten war 43,3 Jahre.

An vierter Stelle, überleitend von den extraperitonealen zu den als nächsten zu besprechenden intraperitonealen Eingriffen, stehen die Operationen an Mastdarm und Anus mit 153 Fällen (12,7 %), die sich wie folgt verteilen:

Operationen am Mastdarm (Rectumamputationen, -resektionen und -exstirpationen, Rectotomien, sacrale Probefreilegung, Anus sacralis)	119,
Korrigierende Operationen	17,
Operationen am Anus (Sphinkterplastik, Beseitigung von Analfisteln, Haemorrhoidenoperationen)	10,
Operationen am knöchernen Becken (Tumorexstirpation, Steißbeinresektion).	7,

Das Durchschnittsalter betrug 54,5 Jahre.

Nach den Operationen an Mastdarm und Anus kommen — rein zahlenmäßig betrachtet — die intraperitonealen Eingriffe mit 141 Fällen (11,6 %). Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß die Zahl der ausgeführten Narkosen nicht ohne weiteres einen Schluß auf die Eignung des Lachgases für einen bestimmten Eingriff zuläßt. Sie hängt auch von der Häufigkeit dieses Eingriffes und vom Allgemeinzustand des Patienten ab. Gerade bei den Bauchoperationen wurde das Lachgas wegen seiner Unschädlichkeit häufig bei Patienten in schlechtem Allgemeinzustande herangezogen, obwohl es sich wegen seiner geringen narkotischen Kraft bei intraperitonealen Eingriffen sonst wenig bewährt hat. Die Patienten waren also ausgesprochene „bad risks", wie auch aus der großen Letalität von ungefähr 25 % hervorgeht. Die Todesursache war in den meisten Fällen Versagen von Herz und Kreislauf, in wenigen Fällen Lungenembolie beim Aufstehen der Patienten. Todesfälle während oder nach der Narkose unter den für Lachgas charakteristischen Zeichen von Erstickung kamen nicht vor. Ursache des Kreislaufversagens waren akute Herzinsuffizienz bei Dilatation des braun-degenerierten Herzens, Verblutung bei thrombopenischer Purpura und Cholaemie, Peritonitis und Allgemeininfektion.

Die Verteilung der intraperitonealen Eingriffe:

Operationen an Gallenblase und Gallenwegen (Cholecystektomie, Cholecysto- und Choledochostomie, Choledocho- und Cholecystoenterostomie)	47,
Operationen am Magen (Gastrostomie, Resektion, Gastroenterostomie)	25,
Operationen am Darm (Enteroanastomose, Resektion, Fistelanlage oder -verschluß, Anus praeter, Appendektomie)	39,
Milzexstirpation	12,
Verschiedenes (Probelaparotomie, Talmaoperation, Leberabszeßspaltung, Eröffnung eines appendizitischen Abszesses)	18,

Das Durchschnittsalter der Operierten war 48,9 Jahre.

Als Nächstes sind die Operationen am Thorax zu besprechen. Es handelt sich dabei vorwiegend um Resthöhlenoperationen, bei denen durch Verwendung von Lach-

gas die Aspirationsgefahr vermindert wird (Hartmann). Lungenoperationen sind für die Lachgasnarkose ungeeignet und sind deshalb in dieser Narkose überhaupt nicht mehr ausgeführt worden.

Die Gesamtzahl der Thoraxoperationen beträgt 26 (2,1 %), sie verteilt sich wie folgt:

Plastische Operationen 21,
(eingeschlossen Resthöhlen- und Freundsche Operation)
Sternumresektionen 2,
Verschiedenes 3.
(Bronchialfistel, Gitterlunge, Exstirpation eines Tumors)
Das Durchschnittsalter war 25,6 Jahre.

Als letzte Gruppen erwähnen wir die Operationen der Hernien und der Achselhöhle, beide für die Lachgasnarkose gut geeignet. Das Material umfaßt hier 20 Fälle (1,6 %) von der ersten und 14 (1,1 %) von der letzten Gruppe. Sie verteilen sich so:

Herniotomien 11,
Radikaloperationen 9.
Durchschnittsalter 41,6 Jahre.
Exstirpation von Tumoren der Axilla 14.
(Carcinommetastasen, Sarkom, Lipom)
Das Durchschnittsalter betrug 43,9 Jahre.

Bei dieser gruppenweisen Aufzählung von Operationen sind 31 Fälle übrig geblieben, die sich schlecht einreihen ließen und die sich aus verschiedenen nicht sehr eingreifenden Operationen an Kopf und Stamm zusammensetzen: Plastische Hautlappendeckungen, Fett- und Faszienplastiken, Exstirpation von Hauttumoren (Lipome, Dermoide, Sarkome), Spaltung und Exzision von Weichteilfisteln, Entfernung von Fremdkörpern aus der Rückenmuskulatur etc. Auch diese Fälle sind natürlich für Lachgas gut geeignet.

Zu dem Gesamtmaterial von 1207 Fällen ist noch folgendes zu sagen: Ein Unglücksfall, wie ihn Hartmann in seiner Arbeit beschrieb (zit. im I. Teil), ist nicht wieder vorgekommen. Wenn trotzdem der prozentuale Anteil der Lachgasnarkosen von Jahr zu Jahr zurückgegangen ist (1931 = 17,1 %, 1932 = 16,6 %, 1933 = 11,2 %, 1934 = 6,1 %, 1935 = 0,4 %), so liegt das hauptsächlich daran, daß die

Technik der Lachgasnarkose schwierig ist und nicht immer geübte Narkotiseure zur Verfügung stehen.

Verwendet wurde der Haertelsche Ueberdrucknarkose- und Lachgasüberdruckapparat (Modell Sauerbruchklinik), der bei übersichtlicher Anordnung folgende Verwendungsarten erlaubt:

1. Lachgas-Sauerstoffnarkose mit oder ohne Aetherzusatz,
2. Lachgas-Sauerstoff-Ueberdrucknarkose (Tiegel-Henle-Sauerbruch),

bei Zwischenfällen:

3. Einschließen eines kräftigen Sauerstoffstroms auf direktem Wege von der Flasche in die Maske,
4. Wiederbeatmung (Kirschner, Felix),
5. Zufuhr von Kohlensäure aus eigener Flasche (Dzialoszynski).

Bei der gewöhnlichen Lachgas-Sauerstoffnarkose strömt das Lachgas über Reduzierventil und Dosierhahn zur Mischkammer, wo es unter Wasser in Blasen aufsteigt. Das Aufsteigen dieser Blasen gestattet eine Kontrolle des störungslosen Gasstromes. Der Sauerstoff kommt über Reduzierventile und Drosselhähne aus zwei Flaschen ebenfalls zur Mischkammer. Das zahlenmäßige Mengenverhältnis beider Gase kann — unabhängig vom Gaszuführungsdruck — beim Vorbeistreichen an Differential-Gasstrommessern genau abgelesen werden. Aus der Kammer strömt das angefeuchtete Gasgemisch über einen Anwärmzylinder zur Verdunstungskammer, wo ihm aus einer Tropfvorrichtung Aether beigemischt werden kann, von da über Respirationsbeutel und einfaches Wasser-Rückschlagsventil zur Maske. Das ausgeatmete kohlensäurehaltige Gemisch gelangt durch eine eigene Leitung entweder direkt zurück zur Mischkammer oder es wird im Kohlensäurefilter (in Kalilauge getränkte Bimssteinstücke) ganz oder teilweise von der Kohlensäure befreit. Will man dosierte Rückatmung geben, so schaltet man das Kohlensäurefilter aus. Das kohlensäurehaltige Ausatmungsgemisch gelangt dann teilweise in die Mischkammer, teilweise durch das Regulierrohr der Ueberdruckvorrichtung nach außen.

Bei Ueberdrucknarkose sind folgende Besonderheiten wichtig: Entsprechend der von 2—6 l auf 8—15 l ansteigenden Lachgaszufuhr muß die absolute Sauerstoffmenge erhöht werden (die relative bleibt mit 10—15—20 % gleich). Dazu dient ein einfacher Umstellhahn, der an der Mischkammer angebracht ist. Mit einem zweiten Handgriff wird das Kohlensäurefilter ausgeschaltet und der Atmungskreislauf unterbrochen. Das Gemisch muß jetzt seinen Weg durch das (je nach der Höhe des gewünschten Ueberdrucks mehr oder weniger tief) in Wasser eintauchende Regulierrohr nach außen nehmen.

Soll bei Zwischenfällen reiner Sauerstoff gegeben werden, so wird durch Umstellen eines Hebels die gesamte Lachgas-Sauerstoffzufuhr zur Maske abgedrosselt und durch besondere Leitung reiner Sauerstoff zugeführt.

Soll Wiederbeatmung geübt werden, so läßt man bei der Inspiration reinen Sauerstoff zuströmen und bei der Exspiration durch Oeffnen eines Ventils das Gemisch nach außen entweichen.

Aus der Kohlensäureflasche kann der Respirationsbeutel gefüllt und durch Ausdrücken zur Maske hin entleert werden.

Literatur.

Arbeiten, die mehrere Gase behandeln, sind auch mehrfach angeführt worden.

I. Lachgas.

Andrews, zit. nach Gwathmey.
Baldwin, zit. nach Schmidt, Gauß.
Bert, zit. nach Gwathmey, Meiß, Schmidt, v. Brunn, Hauberrisser.
Beitz, Zbl. f. Chir. 1928, S. 2630.
Bevan, zit. nach Schmidt.
Blanche, zit. nach Bock.
Blomfield, zit. nach Schmidt.
Bock, Handb. d. exp. Pharmakologie I, 1923, S. 122.
Boothby, zit. nach v. Brunn.
Boys, zit. nach v. Brunn.
v. Brunn, Die Allgemeinnarkose, Stuttgart, Enke 1913.
Bürgi, zit. nach Hauberrisser, Schmidt.
Coburn, zit. nach Gwathmey.
Cohn, zit. nach v. Brunn.
Colton, zit. nach Gwathmey.
Cotton, zit. nach v. Brunn.
Crile zit. nach Gwathmey, v. Brunn, Schmidt, Finsterer.
Davy, zit. nach Gwathmey, v. Brunn.
Davis, zit. nach Gwathmey.
Denk, Der Schmerz, 1929, H. 1.
Domanig, Wien. kl. Woch. 1928, Nr. 48; 1929, Nr. 15.
Ewing, zit. nach Meiß, v. Brunn, Hauberrisser.
Finsterer, Wien. klin. Wschr. 1924, S. 809.
— Wien. klin. Wschr. 1925, S. 1393.
— Med. Kl. 1928, S. 1033.
Flörcken, Zbl. Chir. 1931, H. 13.
Fohl, Zbl. Chir. 1928, H. 12; 1925, H. 23.
Foregger, zit. nach Luckhardt.
Friedländer, zit. nach Schmidt.
Gatch, zit. nach Gwathmey, v. Brunn, Gauß.
Gauß und Wieland, Klin. Wschr. 1923, S. 113.
Geffcken, zit. nach Bock.
Goldman, Dent Cosmos 1928, Sept.
Goltstein, zit. nach v. Brunn, Hauberrisser.
Gottlieb, Münch. med. Wschr. 1910, S. 1152.
Gwathmey, „Anesthesia" Macmillan Co. New York and London. June 1924.
Hahn, Zbl. Chir. 1931, H. 1; 1931, H. 13.
Hamburger, zit. nach Meiß, v. Brunn, Hauberrisser,

Hartleib, zit. nach Schmidt.
Hartmann, Zbl. Chir. 1931, H. 13.
Henderson, Narkose u. Anaesth. 1928, S. 143.
Hermann, zit. nach Gwathmey, v. Brunn.
Hesse, Arch. klin. Chir. 1927, S. 116.
Hewitt, zit. nach Gwathmey, Schmidt.
Hauberrisser, Fortschr. Zahnheilk. 1928, S. 73.
Hauke und Beitz, Bruns' Beitr. 1929, S. 34.
Jolyet, zit. nach Bock.
Kemp, zit. nach Gwathmey.
McKesson, J. of the A. Dent. Ass. 1926, S. 411.
Klemke, Dtsch. Z. Chir. 1926, S. 365.
Klein, zit. nach Schmidt.
Knipping, Hoppe-Seylers Z. 1924, Bd. 137.
Krönig, Münch. med. Wschr. 1903, S. 1817.
Küstner, Narkose u. Anaesth. 1928, S. 293.
Kulenkampf, zit. nach Schmidt.
Kobert, zit. nach Sioli, Zádor.
Lendle, Arch. f. exper. Path. 1929, S. 201.
Lotheißen, Zbl. Chir. 1921, S. 1375; 1931, H. 13.
Mauerer und Hole, Fortschr. Ther. 1928, S. 749.
Meiß, Dtsch. Z. Chir. 1926, S. 157.
Morgan, zit. nach Schmidt.
Musgrave, Z. org. Chir. 1926, S. 412.
Neu, Münch. med. Wschr. 1910, S. 1875.
Olow, zit. nach v. Brunn.
Pitt, zit. nach Schüppel.
Priestley, zit. nach Hauberrisser.
Rehn, Zbl. Gynaek. 1928, S. 2890.
Raine, zit. nach Schüppel.
Rieder, Chirurg. 1928, S. 83.
Rose, Med. Klin. 1929, S. 1500.
Rost, Zbl. Chir. 1931, H. 13.
Rütz, Erg. Med. 1931, H. 1/2.
Sachs und Georgieff, Chirurg. 1931, H. 2.
Schaefer, Schmerz, Narkose u. Anaesth. 1930, S. 330.
de Saussure, zit. nach Bock.
Schmidt, Bruns' Beitr. 1926, S. 506.
— Dtsch. med. Wschr. 1926, S. 1989.
— Münch. med. Wschr. 1926, S. 2248.
— Arch. klin. Chir. 1928, S. 119; 1927, S. 112.
— Narkose u. Anaesth. 1928, S. 175.
— Zbl. Gynaek. 1928, S. 2891.
Schmidt und Schaumann, Dtsch. Z. Chir. 1929, S. 149.
Schrauth, zit. nach v. Brunn.
Schoemaker, zit. nach Meiß.
Schroeder, Dtsch. med. Wschr. 1929, S. 186.
Schüppel, Dtsch. Z. Chir. 1929, S. 28.

Siebeck, zit. nach Bock.
Sioli, Mschr. Psychiatr. 1928, S. 551.
Straßmann, Zbl. Chir. 1928, S. 1157.
— Zbl. Gynaek. 1928, S. 1855.
Sudeck, Bruns' Beitr. 1926, S. 493.
— Zbl. Chir. 1929, S. 1731.
— Chirurg., 1932, H. 10.
Sudeck und Schmidt, Zbl. Chir. 1931, H. 13.
Teter, zit. nach Gwathmey, v. Brunn.
Tittel, zit. nach v. Brunn.
Trendelenburg, Zbl. Gynaek. 1928, S. 2889.
Weber, Zbl. Chir. 1931, H. 13.
Wells, zit. nach Gwathmey.
Widenhorn, Münch. med. Wschr. 1932, S. 301.
Winterstein, zit. nach Schmidt.
Zaaijer, zit. nach Meiß.
Zádor, Arch. f. Psychiatr. 1928, S. 1.
Zintl, Einführung in das Studium der anorganischen Chemie. Enke, Stuttgart 1923.
Zuntz, Pflügers Arch. 1878, S. 135.

II. Narcylen.

Crile, zit. nach Gauß.
Doerffer und Lork, Münch. med. Wschr. 1928, S. 1922.
Ege, Narkose u. Anaesth. 1929, S. 82.
Franken, Dtsch. med. Wschr. 1928, S. 553.
Gauß und Wieland, Klin. Wschr. 1923, S. 113.
Gauß, Arch. klin. Chir. 1927, S. 119.
— Zbl. Gynaek. 1928, S. 2890.
— Fortschr. Ther. 1928, S. 409.
Goldman, Dent. Cosmos 1928, Sept.
Huisgen, Z. ärztl. Fortbildung, 1929, S. 82.
Hurler, Münch. med. Wschr. 1925, S. 468.
Kappis, Zbl. Chir. 1929, S. 994.
Killian, Zbl. Chir. 1929, S. 166.
Killian, Bergel u. Breusch, Narkose u. Anaesth. 1929, H. 1/2.
Küppers u. Franken, Narkose u. Anaesth. 1928, S. 202.
Laesecke, Zbl. Chir. 1926, S. 2966.
Leake, J. americ. med. Assoc. 1924, S. 2062.
Leake u. Hertzman, J. americ. med. Assoc. 1924, S. 1162.
Lendle, Arch. f. exper. Path. 1929, S. 201.
Mallebrein, Schmerz, 1929, S. 15.
— Münch. med. Wschr. 1929, S. 1381.
Oehlecker, Zbl. Chir. 1929, S. 995.
Rehn, Dtsch. med. Wschr. 1928, S. 2003.
Ringel, Zbl. Chir. 1929, S. 994.
Ritter u. Rimarski, Münch. med. Wschr. 1928, S. 314.
Schoen, Münch. med. Wschr. 1924, S. 889.

Schroeder, Ther. Gegenw. 1929, S. 19.
Seifert, Münch. med. Wschr. 1926, S. 559.
Sioli, Mschr. Psychiatr. 1928, S. 551.
Stegemann, Chirurg 1929, S. 159.
Wienecke, Münch. med. Wschr. 1926, S. 60.
Wienecke u. Schroeder, Dtsch. med. Wschr. 1928, S. 556.

III. Aethylen.

Brown, Canad. med. Assoc. J. 1923, S. 210. —
— J. americ. med. Assoc. 1924, S. 1039.
Christiansen, Dent. Cosmos 1924, S. 346.
Crile, zit. nach Luckhardt.
Goldman, Dent. Cosmos 1928, Sept.
Hempel, zit. nach Luckhardt.
Hermann, zit. nach Luckhardt, Lewis, Christiansen.
Heaney, J. americ. med. Assoc. 1924, S. 2061.
— Surg. ec. 1924, S. 692.
Killian, Zbl. Chir. 1929, S. 166.
Leake u. Hertzman, J. americ. med. Assoc. 1924, S. 1162.
Leake, J. americ. med. Assoc. 1924, S. 2062.
Luckhardt, J. americ. med. Assoc. 1923, S. 1440.
— J. americ. med. Assoc. 1924, S. 2060.
— J. americ. med. Assoc. 1924, S. 1603.
— Gwathmeys book „Anesthesia", Chapter XXI Macmillan Co. New York and London, June 1924, S. 711.
— Klin. Wschr. 1925, S. 739.
Luckhardt und Carter, J. americ. med. Assoc. 1923, S. 765.
Luckhardt und Lewis, J. americ. med. Assoc. 1923, S. 1851.
Luckhardt und Kretschmer, J. of Urol. 1924, S. 415.
Luerssen, zit. nach Christiansen, Luckhardt, Carter.
Lundy, J. americ. med. Assoc. 1924, S. 448.
Nunnely, zit. nach Christiansen, Luckhardt, Lewis.
Pellini, zit. nach Luckhardt.
Rehn, Dtsch. med. Wschr. 1928, S. 2003.
Rütz, Erg. Med. 1931, H. 1/2.
Solbach, Münch. med. Wschr. 1924, S. 739.
Thompson, zit. nach Luckhardt.
Wallace, zit. nach Luckhardt.
Widenhorn, Münch. med. Wschr. 1932, S. 301.

Ferner wurde benutzt ein Prospekt der Firma Georg Haertel, Berlin NW 6, Karlstr. 26.

Lebenslauf.

Am 14. Juni 1912 wurde ich als Sohn des damaligen Bergassessors Hermann Hilgenberg und seiner Frau Marie, geb. Jahn in Zwickau geboren. Von 1914—18, in der Zeit, wo mein Vater im Felde stand, lebte ich bei meinen Großeltern in Hannover. Ich besuchte erst 4 Jahre die Vorschule und dann von 1922 bis 1931 das Gymnasium in Zwickau, das ich mit dem Reifezeugnis verließ.

Das medizinische Studium begann ich im SS. 1931 in Königsberg. Zu Beginn des WS. 1932/33 ging ich nach München, wo ich am Ende des SS. 1933 das Physikum ablegte. Von den sechs klinischen Semestern verbrachte ich zwei in München und vier in Berlin. Am 13. Oktober 1936 beendete ich das Studium mit der ärztlichen Staatsprüfung in Berlin. Vom 20. Oktober 1936 bis 28. Februar 1937 arbeitete ich als Medizinalpraktikant auf der Inneren Abteilung des Heinrich-Braun-Krankenhauses in Zwickau, seit dem 18. Mai 1937 bin ich an der II. Inneren Abteilung des Krankenhauses Westend in Charlottenburg tätig. In der Zwischenzeit machte ich eine militärische Uebung beim 4. A.R. in Dresden.

Horst Hilgenberg.